Über den Einfluß der Böden und des Wassergehaltes auf die Stickstoffumsetzungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

ACAD. LUGDBAT. BIBL.

vorgelegt von

William Pawson Robson

aus Kapstadt, Süd-Afrika.

Halle a. S.

Buchdruckerei von Heinrich John.

1913.

Referent: Prof. Dr. Schneidewind.

Inhalt.

Seite

Einleitung 5
I. Teil. Stickstoffumsetzungen in Böden mit verschiedenem Wassergehalt ohne organische Substanz 11
A. Zersetzung organischer Stickstoffverbindungen 11
1. Bestimmung des unzersetzten organischen Stickstoffs 13
2. Bildung von Ammoniakstickstoff 17
a) Wasserlöslicher Ammoniakstickstoff 17
b) Gesamt-Ammoniakstickstoff 18
B. Nitratbildung 20
I. Nitrifikation von Ammoniumsulfat 20
1. Sandboden 24
a) Wasserlöslicher Ammoniakstickstoff 24
b) Gesamt-Ammoniakstickstoff 25
c) Salpeterbildung 27
2. Lehmboden 30
a) Wasserlöslicher Ammoniakstickstoff 30
b) Gesamt-Ammoniakstickstoff 31
c) Salpeterbildung 32
3. Tonboden 34
a) Wasserlöslicher Ammoniakstickstoff 34
b) Gesamt-Ammoniakstickstoff 35
c) Salpeterbildung 36
4. Vergleichung der 3 Böden 38
II. Nitrifikation von Hornmehl 39
1. Sandboden 39
2. Lehmboden 41
3. Tonboden 43

C. Entbindung von elementarem Stickstoff 45
1. Sandboden 47
2. Lehmboden 47
3. Tonboden 48
II. Teil. Stickstoffumsetzungen bei Gegenwart von organischer Substanz 50
A. Nitratbildung 51
1. Wasserlöslicher Ammoniakstickstoff 52
2. Gesamt-Ammoniakstickstoff 52
3. Salpeterbildung 53
B. Eiweissbildung (Salpeterassimilation) 55
C. Entbindung von elementarem Stickstoff 58
Ergebnisse 60
Haupttabellen 63

Einleitung.

Von den Stickstoffumsetzungen im Boden ist in hohem Grade das Wachstum unserer Kulturpflanzen und damit die Produktion abhängig. Die schädlichen Stickstoffumsetzungen beeinträchtigen die Produktion, die nützlichen fördern sie. Es ist daher eine wichtige Aufgabe der Agrikulturchemie, die verschiedenen Stickstoffumsetzungen zu studieren. Einen Beitrag nach dieser Richtung soll die vorliegende Arbeit liefern.

Meine Aufgabe sollte sein, festzustellen, wie die Umsetzungen der Stickstofformen in verschiedenen Böden mit verschiedenem Wassergehalt verlaufen.

Es sollten folgende Fragen näher studiert werden:

1. Wie verhält sich organischer Stickstoffdünger in verschiedenen Böden mit verschiedenem Wassergehalt?

2. Wie gehen unter denselben Verhältnissen Ammoniumsulfatumsetzungen vor sich?

3. Unter welchen Bedingungen und zu welcher Zeit tritt die günstigste Salpeterbildung ein?

4. Bei welchen Feuchtigkeitsgraden entstehen Stickstoffverluste?

5. Welchen Einfluss üben organische Kohlenstoffquellen auf die Stickstoffumsetzungen aus und zwar bei Zusatz von Salpeter und Ammoniumsulfat?

Zur Beantwortung dieser Fragen wählten wir Topfversuche, bei welchen eine bestimmte Menge Erde in Vegetationsgefässen lagerte. Um äussere Einflüsse zu beschränken, liessen wir die Versuche nicht im Freien, sondern im bakteriologischen Laboratorium, in dem nicht chemisch gearbeitet wurde, stehen. Natürlich sind die Ergebnisse nicht direkt auf das freie Land zu übertragen. Fehlte es doch den Erden an jeglichem Sonnenschein

und wegen des gleichmässigen Wassergehaltes auch an Austrocknung. Aus solchen und ähnlichen Gründen mag wohl der Tonboden manchmal etwas bessere Ergebnisse geliefert haben, als man von diesen Böden gewöhnt ist.

Der erste Teil der Versuche wurde nach folgendem Plane ausgeführt:

Drei verschiedene Böden mit niedrigem, mittlerem und hohem Wassergehalt, 1. ohne Düngung, 2. mit Ammoniumsulfat, 3. mit Hornmehl. Für den Sandboden kamen 6, 12 und 18 %, für den Lehmboden 8, 16 und 24 % und für den Tonboden 8, 18 und 28 % Wasser in der Erde in Betracht. Die drei Böden, die ich bei meinen Untersuchungen benutzte, waren Sandboden des Versuchsfeldes von Gr. Lübars bei Magdeburg, Lösslehmboden von dem Lauchstädter Versuchsfelde und Tonboden des Gutes Gimritz bei Halle a. d. Saale.

Für jeden Topf sollten 7 Kilogramm trockner Erde benutzt werden. Die Höhe der Stickstoffdüngung wurde auf 2,8 g pro Gefäss, gleich 0,04 g für 100 g Trockenerde festgesetzt.

Je zwei Töpfe mit Sandboden ohne Düngung zu 6, 12 und 18 % Wasser.

Je zwei Töpfe mit Sandboden und 2,8 g Stickstoff als Ammoniumsulfat bei 6, 12 und 18 % Wasser.

Je zwei Töpfe mit Sandboden und 2,8 g Stickstoff als Hornmehl bei 6, 12 und 18 % Wasser.

Je zwei Töpfe mit Lehmboden ohne Düngung bei 8, 16 und 24 % Wasser.

Je zwei Töpfe mit Lehmboden und 2,8 g Stickstoff als Ammoniumsulfat bei 8, 16 und 24 % Wasser.

Je zwei Töpfe mit Lehmboden und 2,8 g Stickstoff als Hornmehl bei 8, 16 und 24 % Wasser.

Je zwei Töpfe mit Tonboden ohne Düngung bei 8, 18 und 28 % Wasser.

Je zwei Töpfe mit Tonboden und 2,8 g Stickstoff als Ammoniumsulfat bei 8, 18 und 28 % Wasser.

Je zwei Töpfe mit Tonboden und 2,8 g Stickstoff als Hornmehl bei 8, 18 und 28 % Wasser.

Die Versuche wurden in glasierten zylinderförmigen Stein-

guttöpfen mit 26 cm Höhe und 20 cm innerem Durchmesser ausgeführt. Die Töpfe waren alle fast 3 kg schwer. Durch Hinzufügung einiger gut abgewaschener Steine wurden die Gewichte genau auf 3 kg gebracht.

Es war beabsichtigt worden, pro Topf genau 7 kg trockener Erde zu benutzen. Das ist nur beim Sandboden geschehen. Die Töpfe mit Lehmboden erhielten 7155 g, die mit Tonboden 7110 g, da die Probewasserbestimmung ein etwas anderes Resultat als die Kontrollbestimmung beim Ansetzen der Töpfe ergab.

Diese abgewogenen Erdmengen wurden in einer grossen Schale mit dem Dünger vermischt und dann in die Töpfe gegeben. Darauf wurde soviel destilliertes Wasser zugesetzt, bis die Gefässe die gewünschte Feuchtigkeit enthielten. Die Kontrollierung des Wassergehaltes geschah zweimal wöchentlich. Etwa verdunstete Feuchtigkeit wurde durch Hinzufügen destillierten Wassers ersetzt. Im allgemeinen war zwischen zwei Regulierungen wenig Wasser verloren gegangen.

Düngung: Von jedem Boden wurden 6 Töpfe mit Ammoniumsulfat gedüngt und zwar zwei mit niedrigem, zwei mit mittlerem und zwei mit höherem Wassergehalt. Jedem Topf wurden 13,333 g Ammoniumsulfat (21 % Stickstoff) beigegeben, was 2,8 g Ammonstickstoff entspricht. Da die Mengen trockener Erde in den 3 Böden ein wenig verschieden waren, so entfielen beim Sandboden auf 100 g trock. Erde 0,04000 g Ammonstickstoff

„ Lehmboden „ 100 „ „ „ 0,03913 „ „

„ Tonboden „ 100 „ „ „ 0,03938 „ „

Das Hornmehl enthielt 0,4134 % Gesamt-Ammonstickstoff, 0,3392 % wasserlöslichen Ammonstickstoff, 0,2601 % Nitratstickstoff und 12,10 % Gesamtstickstoff.

Auf 100 g trockener Erde berechnet, erhalten wir folgende Zahlen:

	Gesamtstickstoff g	Wasserlöslicher Ammonstickstoff g	Gesamt-Ammonstickstoff g	Nitratstickstoff g
Sandboden	0,04000	0,00112	0,00137	0,00087
Lehmboden	0,03913	0,00110	0,00134	0,00085
Tonboden	0,03938	0,00110	0,00135	0,00086

Jedem Topfe wurden 2,64343 g organisch gebundener Stickstoff beigefügt [2,8 g Gesamtstickstoff minus (0,09567 g Ammonstickstoff plus 0,06090 Salpeterstickstoff)].

Die Versuche wurden am 13. Mai 1912 angesetzt und die Untersuchungen nach 3, 6 und 12 Wochen vorgenommen. Die Temperatur blieb ziemlich konstant.

Von jeder Erde sollten wasserlöslicher Ammonstickstoff, Gesamtammonstickstoff, Salpeterstickstoff und Gesamtstickstoff bestimmt werden. Die Gesamtstickstoffbestimmungen nach 6 Wochen wurden unterlassen.

Bei den Untersuchungen wurden aus jedem Topfe genau 2×600 g und 3×150 g Erde abgewogen. Die ersteren wurden zu den Bestimmungen von wasserlöslichem Ammonstickstoff und von Salpeter gebraucht, zwei von letzeren zur Gesamtstickstoffanalyse, die dritte für Gesamtammonstickstoff- und Wasserbestimmungen verwendet.

Der zurückgebliebene Gefässinhalt wurde wieder auf die verlangte Feuchtigkeit gebracht.

Die angewandten Methoden der Analyse waren folgende:

Wasserlöslicher Ammonstickstoff: 600 g Erde wurden in einen 1 l-Kolben gebracht und genau 600 ccm Wasser mit 3 g stickstofffreiem Kochsalz hinzugefügt und dann das Ganze 20 Minuten lang in einer Maschine ausgeschüttelt. Darauf wurde die Mischung in ein grosses Gefäss geschüttet, nach Absetzen die klare Flüssigkeit mit einer Pipette aufgesogen und filtriert. 50 ccm der Flüssigkeit wurden mit genügend Magnesiumoxyd fast bis zur Trockne destilliert und das Ammoniak in verdünnter Schwefelsäure aufgefangen. Der Überschuss an Schwefelsäure wurde vermittelst Natronlauge zurücktitriert. Als Indikator diente Kongorot.

1 ccm der Natronlauge entsprach im allgemeinen 0,00055 g Stickstoff.

Salpeterbestimmung: Zu dem im Kolben nach der Destillation zurückgebliebenen Inhalt wurden 150 ccm Wasser ca. je 1,5 g Zink- und Eisenstaub, sowie die nötige Menge konzentrierter Natronlauge zugegeben. Eine Zugabe von Paraffin verhinderte das Aufschäumen beim Kochen.

Die Reduktion in der Kälte dauerte einige Stunden, worauf das Ammoniak in 35 Minuten abdestilliert und bestimmt wurde.

Gesamtammonstickstoff: Um den Gesamtammonstickstoff zu bestimmen, wurden 25 g Erde in einem Kochkolben abgewogen, 60 ccm Wasser zugesetzt, mit genügend Magnesiumoxyd destilliert und das übergetriebene Ammoniak durch Titration wie gewöhnlich festgestellt.

Gesamtstickstoff: Zu diesen Bestimmungen wurden 2×150 g Erde abgewogen und in zwei kleine weithalsige Glasflaschen gebracht, die Oberfläche der Erde zur Vermeidung von Ammoniakverlusten mit 10 ccm einer Weinsäurelösung von 0,38% gleichmässig durchgefeuchtet und in einem Trockenschrank bei 105° C 12 Stunden stehen gelassen. Nach dem Erkalten wurde die Erde zu einem feinen Pulver gemahlen. Von diesem Boden kamen 25 g in einen schwer schmelzbaren Jenenserkolben und wurden mit 30 ccm Phenolschwefelsäure versetzt (die Zusammensetzung der Phenolschwefelsäure war: 3 Liter Schwefelsäure, 40 g Phenol und 152 g Phosphorsäureanhydrid). Das Ganze wurde gut gemischt, nach einigem Kühlen 3 g Zinkstaub portionsweise unter Umschütteln hinzugefügt und 2 bis 3 Stunden in fliessendem Wasser zur Reduktion stehen gelassen. Nach Ablauf dieser Zeit wurde unter Zugabe von 45 ccm reiner Schwefelsäure und 2 Tropfen Quecksilber der Inhalt aufgeschlossen. Sobald die Schwefelsäurelösung erkaltet war, wurde sie in einen 1/2 l Kolben übergespült, gekühlt, bis zur Marke aufgefüllt, gut durchgeschüttelt und filtriert. Von dieser Flüssigkeit kamen 100 ccm mit 75 ccm konzentrierter Schwefelkalium-Natronlauge zur Destillation. Das Rezept der Natronlauge war folgendes: 11 1/2 l Natronlauge vom spezifischen Gewicht 1,375, 350 g Schwefelkalium, die in zwei Liter Wasser gelöst sind.

Sämtliche Destillationen wurden unter Wasserkühlung vorgenommen und zur Kontrollierung der Lösungen immer blinde Bestimmungen angesetzt.

Die Analysenergebnisse wurden auf 100 g Trockenerde berechnet. Von Salpeter-, wasserlöslichem Ammon- und Gesamtammonstickstoff wurden aus jedem Topfe zwei Bestimmungen gemacht und das Mittel derselben in die Haupttabelle eingetragen. Für den Gesamtstickstoff kamen von jeder Erde zwei Proben doppelt zur Untersuchung, so dass also 4 Bestimmungen ausgeführt wurden. Lagen die Titrationen zweier Bestimmungen

derselben Probe mehr als $^4/_{10}$ ccm Natronlauge auseinander, so wurden die Analysen wiederholt.

Die Tabellen am Ende der Arbeit geben zunächst die wirkliche Prozentmenge an, die bei 100 g trockener Erde gefunden wurde, und dann den Betrag pro Topf.

Die Zahlen in den kleinen Tabellen der Arbeit sind alle pro Gefäss gerechnet.

Die Anfangsbestimmungen ergaben pro 100 g Trockenerde folgende Zahlen:

	Sandboden g N.	Lehmboden g N.	Tonboden g N.
Salpeterstickstoff	0,00103	0,00654	0,00152
Wasserlöslicher Ammonstickst.	0,00000	0,00000	0,00000
Gesamtammonstickstoff	0,00057	0,00119	0,00044
Gesamtstickstoff	0,09148	0,15977	0,17223

I. Teil.

Stickstoffumsetzungen in Böden mit verschiedenem Wassergehalt ohne organische Substanz.

A. Zersetzung organischer Stickstoffverbindungen.

Obwohl eine Anzahl Versuche zu ergeben scheinen, dass höhere Pflanzen direkt organisch gebundenen Stickstoff aufnehmen können, so stellen die Arbeiten anderer Forscher die Annahme doch in Zweifel. Zudem scheinen organische Stickstoffverbindungen auf viele Pflanzen direkt schädlich zu wirken. Bei normaler Ernährungsweise wird der Stickstoff als mineralische Verbindung verwertet. Bis jetzt führten die diesbezüglichen Untersuchungen zu der Tatsache, dass der Stickstoff in organischen Verbindungen zuerst in Ammonstickstoff bezw. Salpeterstickstoff übergeführt werden muss. Unter natürlichen Verhältnissen ist die Überführung von organisch gebundenem Stickstoff in Ammonstickstoff das Werk von Mikroorganismen. Müntz und Coudon [1]) wiesen nach, dass sterilisierter Boden innerhalb eines Zeitraums von $2^1/_2$ Jahren, nicht die geringste Spur von Ammoniakbildung zeigte, während derselbe Boden nicht sterilisiert innerhalb 67 Tagen eine Zunahme von 40—110 mg Ammoniak aufwies. Es ist indessen möglich, dass die Umsetzung des Stickstoffes in amidoartiger Bindung, wie Harnstoff etc. auf physikalischem und chemischem Wege stattfinden kann.

Die Intensität des eben erwähnten Vorganges, d. h. der Ammoniakbildung und des daraus entstehenden Salpeters mag als Masstab für die Ausnutzung der angewandten stickstoffhaltigen Düngemittel organischen Ursprungs gelten. Die Um-

[1]) Compt. rend. (Paris) 116, 1893, p. 395—398.

setzung ist natürlich ungleich in verschiedenen Böden und ausserdem sehr abhängig von dem Wassergehalte. So haben z. B. Zeller und Vogel[1]) nachgewiesen, dass Sandboden eine lebhaftere Ammoniakbildung hervorrief als Lehmboden. Meine eigenen Untersuchungen haben, wie ich im praktischen Teil näher darlegen werde, diese Erscheinung bestätigt.

Bei der Zersetzung organischer Stickstoffverbindungen werden viele Zwischenprodukte gebildet, die aber hier nicht in Betracht kommen. Es handelt sich für uns nur um die Endprodukte. Die Untersuchungen Bréals[2]) zeigten, dass die Ammoniakbildung im Boden (bei gehemmter Nitrifikation) sich nur bis zu einer gewissen Grenze (0,2 %) vollzog. Sind nun keine günstigen Bedingungen für eine Salpeterbildung vorhanden, dann tritt eine Assimilation ein. Bei meinen Untersuchungen wird die Grenze von 0,017 % nicht überstiegen. Die einzelnen organischen Stickstoffsubstanzen zersetzen sich ziemlich ungleichmässig.

So geht die Ammoniakbildung aus Fleischmehl sehr schnell vor sich, was seine kräftig düngende Wirkung beweist. Unter anaëroben Bedingungen werden höhere Werte erzielt als bei ungehindertem Luftzutritt.

Ebenso schreitet die Zersetzung im Blutmehl schnell vor sich, ohne dass sie im wesentlichen durch wechselnde Temperatur und Feuchtigkeit beeinflusst wird.

Dagegen wirkt der Stickstoff im Knochenmehl meist erheblich weniger als in Blutmehl und Fleischmehl. Mit gedämpftem Material ergab sich bei den Versuchen von Nessler[3]) eine Umsetzung von 50 % innerhalb 2 Monaten, wohingegen das rohe Knochenmehl (mit Sand gemischt) innerhalb $^5/_4$ Jahren fast gar nicht angegriffen wurde. Tuxen[4]) erzielte mit seinen Versuchen insofern ein anderes Resultat, als er schon nach Verlauf von einem Monat eine reichliche, 50 % des Knochenmehlstickstoff erfassende Ammoniak- und Nitratbildung konstatieren konnte.

[1]) Mitt. Kaiser Wilhelm-Inst. f. Landw. Bromberg, I, 1908, p. 192.

[2]) Ann. agron., 22, 1896, p. 449 (ref. Jahresber. d. Agric. Chemie 40).

[3]) Agron. Ztg., 1868, p. 87 (ref. Jahresber. d. Agric. Chemie, 11/12, p. 362).

[4]) Tidskrift f. Landökon., 2, 1884.

Feuchtigkeit und Temperatur übten auch hier keine tiefgreifende Wirkung aus, wie Löhnis[1]) und Parrs Versuche zeigten.

Nach Angaben von Sigmond[2]), Müntz[3]) und Girard, so wie Popp[4]) ist auch beim Hornmehl die Umsetzung relativ leicht. Die Versuche Popps wurden bei Zimmertemperatur ausgeführt. Er mischte kleine Mengen Hornmehl mit grossen Massen Erde und brachte die Mischung auf einen Wassergehalt von 20—25 %. Nach Verlauf von 2, 6 und 12 Wochen bestimmte er Ammoniak- und Salpeterstickstoff. Wie zu erwarten war, entstand zunächst Ammoniak, dessen Menge allerdings niemals 14 % der angewandten Stickstoffmenge überstieg, und aus diesem allmählich Salpeter. Eine vollständige Umwandlung des organischen Stickstoffs in Salpeter war nicht eingetreten, im Durchschnitt etwa 57 Teile vom Hundert.

Betrachten wir das Verhalten des organisch gebundenen Stickstoffs in unseren Versuchen:

1. Bestimmung des unzersetzten organischen Stickstoffs.

Da wir denselben nicht durch eine Analyse bestimmen können, wurde er durch folgende Berechnung festgestellt. Von dem zugesetzten organischen Stickstoff wurden der gefundene Ammonstickstoff (abzüglich Ammonstickstoff im Hornmehl und in den dazugehörigen Töpfen ohne Zusatz von organischer Substanz) + Salpeterstickstoff (abzüglich Salpeterstickstoff im Hornmehl und den Hornmehl freien Töpfen) + Gesamtstickstoffverlust (abzüglich Stickstoffverlust in den behandelten Töpfen) abgezogen.

Z. B. wurde der organische Stickstoff bei der zweiten Bestimmung in Topf No. 464 folgendermassen gefunden:

Ammoniakstickstoff Tab. 40	1,13680 g
Ammonstickstoff im Hornmehl	0,09567 „
	1,04113 g

[1]) Mitt. landw. Instit. Leipzig, 7, 1905, p. 30.

[2]) Landw. Vers.-Stat. 59, 1904, p, 214.

[3]) Ann., Agron., 17, 1891, p. 289 (ref. Jahresber. f. Agric. Chemie 20, 1891, p. 656).

[4]) Landw. Vers.-Stat., 68, 1908. p. 253—300.

Ammonstickstoff in Erde (Mittel aus Töpfen 448, 452)	0,06440 g
Aus organisch gebundenem Stickstoff gebildeter Ammonstickstoff	0,97673 g
Salpeterstickstoff Tab. 41	0,39060 „
„ im Hornmehl	0,06090 „
	0,32970 g
Salpeterstickstoff in der Erde (Mittel)	0,09065 „
Aus Hornmehl gebildeter Salpeterstickstoff	0,23905 g
Gesamtverlust in der Erde Tab. 42	0,04060 „
Gesamtverlust in Hornmehl freien Töpfen (Mittel)	0,01680 „
	0,02380 g
Summa: Ammonstickstoff	0,97673 „
Salpeterstickstoff	0,23905 „
Gesamtstickstoffverlust	0,02380 „
	1,23958 g
Zugesetzter organisch gebundener Stickstoff	2,64343 „
Abzuziehender Stickstoff	1,23958 „
Unzersetzter organisch gebundener Stickstoff	1,40385 g

Sandboden.

Tabelle 1.

Abnahme der organischen Stickstoffsubstanz:

Anzahl Wochen	Wasser-Gehalt	Topf No.	Gef.org.N. g pro Topf	Mittel g N.	Abnahme g N.	Abnahme %
0	6 %	464	2,64343	2,64343	0,00000	0
		465	2,64343			
3		464	1,40385	1,40470	1,23873	46,86
		465	1,40555			
12		464	0,98000	0,94045	1,70298	64,42
		465	0,90090			
3	12 %	466	1,45705	1,44970	1,19373	45,15
		467	1,44235			
12		466	1,06295	1,04370	1,59973	60,52
		467	1,02445			
3	18 %	469	1,55155	1,59880	1,04463	39,52
		470	1,64605			
12		469	0,96460	0,97890	1,71453	64,86
		470	0,99320			

In dem Boden mit einem Wassergehalt von 6 % sehen wir, dass nach 3 Wochen 46,86 % des organisch gebundenen Stickstoffs umgesetzt worden sind. Die Schnelligkeit der Umsetzung scheint in dieser Zeit ihr Maximum erreicht zu haben, denn nach 12 Wochen finden wir, dass nur 64,42 % verschwunden sind. Im Boden mit 12 % Wassergehalt ist die Abnahme sowohl nach 3 als nach 12 Wochen etwas kleiner als im vorhergehenden Fall. Bei einem Wassergehalt von 18 % ist die Zersetzung nach 3 Wochen am geringsten, jedoch im Verlauf von weiteren 9 Wochen wird derselbe Umsetzungsgrad wie bei den anderen Feuchtigkeitsgraden erreicht. Im Sandboden scheint der Wasserprozentsatz wenig Einfluss auf die Gesamtumsetzung des organisch gebundenen Stickstoffs zu haben.

Bezüglich des Lehmbodens finden wir, dass der Wassergehalt der Erde einen bedeutend grösseren Einfluss auf den Zersetzungsprozess hat.

Lehmboden.

Tabelle 2.

Abnahme der organischen Stickstoffsubstanz:

Anzahl Wochen	Wasser-Gehalt	Topf No.	Gef.org.N. g pro Topf	Mittel g N.	Abnahme g N.	Abnahme %
0	8 %	794	2,64343	2,64343	0,00000	0
		701	2,64343			
3		794	2,10820	2,13467	0,50876	19,24
		701	2,16114			
12		794	1,22281	1,21423	1,42920	54,06
		701	1,20564			
3	16 %	702	1,41919	1,40524	1,23819	46,84
		705	1,39128			
12		702	0,99919	1,00457	1,63886	61,99
		705	1,00994			
3	24 %	706	1,51900	1,52795	1,11548	42,19
		707	1,53689			
12		706	0,79276	0,77417	1,86926	70,71
		707	0,75557			

Hier finden wir, dass nach 3 Wochen die Abnahme der organischen Stickstoffsubstanz bei mittlerem und hohem Wassergehalt über doppelt so gross ist als bei niedrigem Wasserprozent-

satz. Am stärksten ist die Umsetzung nach 3 Wochen im Boden mit einem Wassergehalt von 16 %, während nach 12 Wochen die Grösse der Abnahme mit der Höhe des Wassergehalts steigt. Demnach findet sich der höchste Umsetzungsgrad bei dem grössten Wassergehalte am Schlusse der Untersuchungsperiode nämlich 70,71 % des zugesetzten organischen Stickstoffs.

Auch im Tonboden ist der Einfluss des Wassergehaltes nach 3 Wochen sehr deutlich wahrnehmbar.

Wir finden, dass in der trockenen Erde die Abnahme nach 3 Wochen noch sehr klein ist. Auch im weiteren Verlaufe nimmt sie nur wenig zu (13,35 % gegen 54,06 % im Lehmboden).

Tonboden.

Tabelle 3.

Abnahme der organischen Stickstoffsubstanz:

Anzahl Wochen	Wasser-Gehalt	Topf No.	Gef.org.N. g pro Topf	Mittel g N.	Abnahme g N.	Abnahme %
0	8 %	790	2,64343	2,64343	0,00000	0
		791	2,64343			
3		790	2,61543	2,62681	0,01662	0,63
		791	2,63819			
12		790	2,27095	2,29050	0,35293	13,35
		791	2,31007			
3	18 %	793	1,84391	1,82920	0,81423	30,80
		795	1,81448			
12		793	1,02708	0,97232	1,67111	63,21
		795	0,91755			
3	29 %	667	1,67550	1,68225	0,96118	36,36
		665	1,68900			
12		667	1,06222	1,11164	1,53179	57,94
		665	1,16105			

Mit ansteigendem Wassergehalte nimmt die Umsetzungsfähigkeit stark zu. Nach 12 Wochen ist die Zersetzung am grössten in dem Boden mit einem mittleren Wasserprozentsatz.

Die Abnahme von organisch gebundenem Stickstoff im Hornmehl erreicht bei unseren Versuchen ihren Höhepunkt im Lehmboden mit 70,71 %. Die Einwirkung des Wassergehaltes des Bodens ist am ausgeprägtesten beim Lehmboden und Tonboden. Im Sandboden hat der Wassergehalt wenig oder gar keine Ein-

wirkung auf die Umsetzung. Wenn wir die Abnahme in den untersuchten Böden nach 3 und 12 Wochen betrachten, sehen wir, dass in allen Fällen, ausser beim Tonboden mit einem Wassergehalt von 8 %, die Umsetzung des Hornmehls merklich schneller in den ersten Wochen als in den späteren vor sich geht. Das lässt sich aus der Tatsache erklären, dass zuerst die verhältnismässig leicht zersetzbaren organischen Verbindungen zersetzt werden und einen Rest zurücklassen, der aus schwer zersetzlicher Substanz besteht und eine Zeitlang fast unverändert zu bleiben scheint. Während bei mittlerem und höherem Wassergehalte die verschiedenen Böden sich ziemlich gleich verhalten, zeigte sich, dass bei niederem Prozentsatz die Zersetzungsfähigkeit mit der Schwere der Böden abnimmt, wie im allgemeinen im Tonboden die Tätigkeit am trägsten erscheint.

2. Bildung von Ammoniakstickstoff.

Bei der Feststellung der Ammonstickstoffzahlen ist zu berücksichtigen, dass von dem analytisch gefundenen Ammonstickstoff der Ammonstickstoff des Hornmehls und der der Töpfe ohne Zugabe abzuziehen ist.

a) Wasserlöslicher Ammoniakstickstoff.

Für diesen wurden folgende Zahlen ermittelt:

Sandboden.

Tabelle 4.

Wassergehalt:	6 %			12 %			18 %		
Anzahl Wochen	Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%	Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%	Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%
3	464	0,53786	20,34	466	0,14131	5,35	469	0,21376	8,09
6	u.	0,36846	13,94	u.	0,00000	0,00	u.	0,00000	0,00
12	465	0,16266	6,15	467	0,00000	0,00	470	0,00000	0,00

Ammoniak wurde bei allen 3 Feuchtigkeitsgraden nur bei der zweiten Untersuchung gefunden. Nach 3 Wochen ist der Prozentsatz des Ammoniakstickstoffs, wie die Tabelle zeigt, in

trockener Erde am höchsten. Es ist wahrscheinlich, dass in den feuchteren Böden der höchste Prozentsatz innerhalb der ersten 3 Wochen erreicht wurde und dass zur Zeit der Untersuchungen das gebildete Ammoniak bereits in Salpeter verwandelt worden war. In den Böden mit dem Wassergehalte von 12 und 18 % verschwindet das Ammoniak bereits nach der zweiten Untersuchung, während bei den weniger tätigen trocknen Böden der wasserlösliche Ammonstickstoff bis zu Ende des Versuches vorhanden war.

Lehmboden.

Tabelle 5.

Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Anzahl Wochen	Wassergehalt: 8 % Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%	16 % Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%	24 % Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%
3	794	0,01059	0,40	702	0,09179	3,43	706	0,00000	0,00
6	u.	0,13973	5,29	u.	0,00000	0,00	u.	0,00000	0,00
12	701	0,11827	4,47	705	0,00000	0,00	707	0,00000	0,00

Der 24 % Feuchtigkeit enthaltende Lehmboden enthielt nie wasserlöslichen Ammonstickstoff. Bei mittlerem Wassergehalt scheint die Ammoniakstickstoffbildung ihren Höhepunkt in den drei ersten Wochen erreicht zu haben und dann schnell umgesetzt worden zu sein, so dass nach 6 Wochen keiner mehr gefunden wurde.

Dagegen geht in dem trockenen Boden die Bildung langsamer als im Sandboden vor sich, so dass ungefähr bei sechswöchentlichem Stehen der Höhepunkt eintritt, um dann ebenfalls abzunehmen.

Im Tonboden war aus Hornmehl gebildeter wasserlöslicher Ammoniakstickstoff nirgends nachzuweisen.

b) Gesamt-Ammoniakstickstoff.

Wie in dem früheren Falle hatte der Ammoniakstickstoffgehalt im Sandboden mit 12 und 18 % Wasser wahrscheinlich seinen Höhepunkt bereits vor der zweiten Untersuchung erreicht.

Sandboden.

Tabelle 6.

Gesamtammonstickstoff.

Anzahl Wochen	Wassergehalt: 6 % Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%	12 % Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%	18 % Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%
3	464	0,96973	36,68	466	0,33728	12,76	469	0,44088	16,68
6	u.	0,59803	22,62	u.	0,00000	0,00	u.	0,00000	0,00
12	465	0,46568	17,62	467	0,00000	0,00	470	0,00000	0,00

Nach 6 Wochen war in den beiden nässeren Böden absolut kein Ammoniakstickstoff mehr vorhanden.

Lehmboden.

Tabelle 7.

Gesamtammonstickstoff.

Anzahl Wochen	Wassergehalt: 8 % Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%	16 % Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%	24 % Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%
3	794	0,50000	18,91	702	0,95361	36,07	706	0,42557	16,09
6	u.	1,09135	41,28	u.	0,01845	0,69	u.	0,00000	0,00
12	701	0,97150	36,73	705	0,00000	0,00	707	0,00000	0,00

Hier geht die Umsetzung langsamer als im Sandboden vor sich, denn während bei letzterem in der trockenen Erde der Höchstgehalt an Ammonstickstoff schon nach 3 Wochen eintritt, geschieht dies bei ersterem erst nach ca. 6 Wochen. Auch findet sich bei mittlerem Wassergehalt ein höherer Prozentsatz Ammonstickstoff vor, nämlich 36 % gegen 13 %.

Tonboden.

Bei niedriger Feuchtigkeit stieg der Ammonstickstoffgehalt im Laufe der Wochen allmählich an. Viel tätiger ist der Boden bei höheren Wassermengen, so dass nur bei 18 % Wasser in den ersten 3 Wochen Stickstoff nachzuweisen war.

Tabelle 8.

Gesamtammonstickstoff.

Wassergehalt:	8 %			18 %			28 %		
Anzahl Wochen	Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%	Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%	Topf No.	Aus Hornmehl gebild. Ammon. N. g pro Topf	%
3	790	0,00000	0,00	793	0,27654	10,46	667	0,00000	0,00
6	u.	0,11337	4,26	u.	0,00000	0,00	u.	0,00000	0,00
12	791	0,35368	13,37	795	0,00000	0,00	660	0,00000	0,00

Wir finden also, dass, je höher der Wassergehalt des Bodens ist, desto schneller der aus Hornmehl gebildete Ammonstickstoff verschwindet. Nur bei dem niedrigsten Wassergehalt tritt ein scharfer Unterschied in den Böden hervor, da mit der grösseren Leichtigkeit derselben auch die Schnelligkeit der Umsetzung wächst, so dass im Sandboden der Höchstgehalt an Ammonstickstoff schon nach 3, bei Lehmboden nach 6 und bei Tonboden erst nach 12 Wochen gefunden wurde.

B. Nitratbildung.

I. Nitrifikation von Ammoniumsulfat.

Dass Ammoniak in Salpeter verwandelt wird, war schon den alten Landwirtschemikern wohl bekannt. Der Gebrauch von Ammoniumsulfat als Düngemittel und seine glänzende Wirkung auf die Pflanzen hatten ebenfalls ihre Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Eine eigentliche Untersuchung über die tatsächliche Umsetzung wurde nicht ausgeführt. Kuhlmann hatte Ammoniak in Salpetersäure oxydiert, indem er eine Mischung von Luft und Ammoniak über erhitzten Platinschwamm ziehen liess, und auch Dumas hatte die Bildung von Salpetersäure bemerkt dadurch, dass er eine Mischung von Luft und Ammoniak mit Kalk in Berührung brachte, welcher in Kalilauge bei einer

Temperatur von 10° C. angefeuchtet war. Ohne sich weiter darum zu kümmern, konstatierte man die Bildung von Salpeter für solcherlei Vorgänge. Man glaubte die Porösität des Bodens habe eine ähnliche katalytische Kraft wie der Dumassche Platinschwamm. Nach der Entdeckung des Ozons und seiner starken oxydierenden Eigenschaften durch Schönbein finden wir, dass viele Oxydationsprozesse in der Natur diesem zugeschrieben wurden, unter denen auch die Nitrifikation war. Mulder hatte in seinen Untersuchungen gezeigt, dass Ammoniak mit Wasser mittels Ozon in Salpetersäure übergeführt werden könne. Im Laufe der Zeit ist die Salpeterbildung im Boden auch der Tätigkeit von Substanzen zugeschrieben worden, wie z. B. dem Ätzkalk, Kalzium-Karbonaten, Eisenoxyden, Oxyden des Mangans, Wasserstoff-Peroxyden.

Im Jahre 1862 war Pasteur der Meinung, dass die wirkliche Ursache der Nitrifikation im Boden die Mikroorganismen seien. Dennoch hielt Berthelot[1]) später diesen Prozess für einen rein chemischen. Aber Experimente von Schlösing und Müntz[2]) im Jahre 1877 zeigten, dass die Erklärung Pasteurs[3]) die Richtige sei. Diese Untersuchungen ergaben, dass durch die Tätigkeit antiseptischer Mittel wie Chloroform oder durch die Erhitzung des Bodens auf eine Temperatur von 100° C. die Oxydation zum Stehen kam, dass sie aber bei Hinzufügung von ein wenig Gartenerde wie vorher fortdauerte. Heute nimmt man als feststehende Tatsache an, dass die Bildung von Salpeter im Boden das Werk von nitrifizierenden Mikroorganismen ist. Es war den ersten Forschern bekannt, dass die Bakteriengruppe keine grosse war, aber erst Winogradsky suchte diese Mikroorganismen rein zu züchten und damit zugleich den Nachweis zu liefern, dass der Vorgang sich in zwei Stufen vollzieht: Die Oxydation des Ammoniakstickstoffs zu salpetriger Säure und dann die Oxydation der letzteren zu Salpetersäure. Hüppe[4]) war der Erste, der bemerkte, dass bei diesem Oxydationsprozess

---

[1]) Ann. de chimie et de phys. [4], 22, 1871.

[2]) Compt. rend. (Paris) **84** 1877, p. 301—303.

[3]) Compt. rend. (Paris) **54** 1862, p. 269.

[4]) Hüppe, Journ. f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1887 (ref. Zentralbl. f. Bakt. **3** 1889, p. 419.

eine Kohlensäureassimilation stattfand, die identisch war mit derjenigen, welche mittels Chlorophyll in grünen Pflanzen und auf Kosten der organischen Substanzen im Boden entstand.

Die Nitrifikationsmikroben sind ziemlich empfindlich gegen eine zu grosse Menge löslicher organischer Substanz, wie Experimente von Müller[1]), Warington[2]) etc. gezeigt haben. Die Nitrifikation unter solchen Bedingungen schreitet nur bis zu einer gewissen Grenze fort und dann setzt die Denitrifikation ein. Im Boden selbst ist selten soviel organische Substanz vorhanden, dass die Nitrifikation vollständig unterdrückt wird.

Wie Winogradsky[3]) gezeigt hat, sind die Mikrobakterien auch gegen grosse Mengen von Ammoniak empfindlich, und ein Übermass desselben hat eine geradezu schädliche Wirkung auf die Salpeterbildung. Diese Sachlage kommt jedoch kaum in der Natur selbst vor. Dass die Pflanzenwelt im allgemeinen lieber Salpeterstickstoff als Ammoniakstickstoff verwertet, ist jetzt eine unbestrittene Tatsache. Es wird mit einer Salpeterdüngung meist eine reichere Ernte erzielt als mit Ammoniumsulfat. Im Boden findet die Umsetzung sehr schnell statt und folglich absorbieren die Pflanzen fast allen Ammoniakstickstoff als Salpeterstickstoff. Nach Fischer[4]) wird die Nitrifikation von Ammoniumsulfat stark von der Kalkmenge in der Erde beeinflusst. Ist der Boden zu arm an Kalk, bleibt in ihm Schwefelsäure als solche zurück. Infolgedessen wird der Boden säurehaltiger und den Bakterien unzuträglicher.

Aber das Vorhandensein von zu viel kohlensaurem Kalk hat eine Ammoniakverdunstung meist zur Folge, also einen Verlust an Stickstoff.

Die Intensität der Salpeterbildung im Boden hängt, abgesehen von der Menge und Beschaffenheit der nitrifizierbaren Substanzen, grösstenteils vom Wassergehalt des Bodens, der Temperatur und der Jahreszeit ab.

---

[1]) Landw. Vers.-Stat., **27**, 1882, p. 334—339; **32**, 1885 p. 285—300.
[2]) Journal-Chemie-Soc., **45**, 1884, p. 667 f.
[3]) Löhnis, Zentralbl. f. Bakt., II. Abt., **13**, 1904, p. 706.
[4]) Landw. Jahrbuch **41**, 1911, p. 755.

Dehérain[1]) zeigte, dass die Nitrifikation in einem Sandboden schneller verläuft als in einem Lehmboden, und dass bei einer Hinzufügung von Sand zu einem schweren Boden, die Stärke der Zersetzung wuchs. Pichard[2]) fand, dass ein Zusatz von 10 % Ton zu einem Lehmboden einen auf die Nitrifikation schädlich wirkenden Einfluß hatte. Bei einer Vergleichung der Nitrifikation in verschiedenen Böden geben Müntz und Girard[3]) die folgenden Zahlen an, welche in Gramm Nitratstickstoff aus Ammoniumsulfat ausgedrückt sind:

Leichter Boden	Kreideboden	Sehr schwerer Kalk-Tonboden	Saurer Boden
2,690	1,480	0,051	0,000

Bezüglich der Einwirkung der Feuchtigkeit auf die Nitrifikation im Boden waren die ersten Forschungen von Dehérain[4]) von Bedeutung. Er fand, dass bei 5 % Wasser des Bodens die Nitrifikation sehr gering war, bei 10 % beträchtlicher und bei 15—20 % erreichte sie ihren Höhepunkt. Bei noch höherem Prozentsatz wurde die Intensität der Bildung wieder geringer. Giustiniani[5]) fand, dass das Minimum der Bildung bei 4 % Wassergehalt eintrat, und das Maximum bei 14—16 % Wasser. Pfeiffer[6]) bemerkte das Optimum bei 13 %. Es ist ersichtlich, dass der Wasserbedarf für die Nitrifikationsvorgänge stark von der wasserhaltenden Kraft des Bodens abhängt.

---

[1]) Ann. agron., **13**, 1887, p. 241 (ref. Zentralbl. f. Agric. Chemie, **16**, 1887, p. 728).

[2]) Compt. rend. (Paris), **109**, 1889, p. 445—447.

[3]) Ann. agron., **17**, 1891, p. 289 (ref. Zentralbl. f. Agric. Chemie, **20**, 1891, p. 656).

[4]) Ann. agron., **13**, 1887, p. 241 (ref. Zentralbl. f. Agric. Chemie, **16**, 1887, p. 728).

[5]) Ann. agron., 27, 1901, p. 262 (ref. Jahresber. d. Gärungsorg., 12, p. 402).

[6]) Mittlgn. d. Landw. Inst., Breslau, Bd. 4, Heft 5, 134.

1. Sandboden.

a) Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Tabelle 9.

Anzahl Wochen	Wasser-Gehalt	Topf No.	Gef. Ammon-N. g pro Topf	Mittel g N.	In Topf ohne Ammonsulfat g pro Topf	Übriggebliebener Ammon- g N.	%
0	6%	457	2,80000	2,80000	0,00000	2,80000	100
		458	2,80000				
3		457	1,68630	1,69085	0,00000	1,69085	60,39
		458	1,69540				
6		457	1,32790	1,32090	0,00000	1,32090	41,17
		458	1,31390				
12		457	0,84630	0,84875	0,00000	0,84875	30,31
		458	0,85120				
3	12%	459	1,51900	1,52005	0,00000	1,52005	54,28
		460	1,52110				
6		459	0,53760	0,53865	0,00000	0,53865	19,23
		460	0,53970				
12		459	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		460	0,00000				
3	18%	462	1,32090	1,30760	0,00000	1,30760	46,70
		463	1,29430				
6		462	0,41090	0,41020	0,00000	0,41020	14,65
		463	0,40950				
12		462	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		463	0,00000				

Im Sandboden mit niedrigem Wassergehalt verschwand der Ammoniakstickstoff im Laufe des Versuches nur bis zu 70 %, während bei den höheren Feuchtigkeitsgraden nach 12 Wochen nichts mehr nachzuweisen war. Es zeigte sich, dass je höher der Wassergehalt war, die Umsetzung um so schneller vor sich ging.

b) Gesamt-Ammonstickstoff.

Tabelle 10.

Anzahl Wochen	Wassergehalt	Topf No.	Gef. Ammonstickstoff g pro Topf	Mittel g N.	In Topf ohne Ammonsulfat g pro Topf	Übriggebl. Ammonstickstoff g	%
0	6%	457	2,83990	2,83990	0,03990	2,80000	100,00
		458	2,83990				
3		457	2,56970	2,58230	0 06440	2,51790	89,92
		458	2,59490				
6		457	1,90890	1,91100	0,00000	1,91100	68,25
		458	1,91310				
12		457	1,41330	1,41330	0,00000	1,41330	50,47
		458	1,41330				
3	12%	459	2,43880	2,42060	0.05040	2,37020	84,65
		460	2.40240				
6		459	0,88830	0,88690	0,08855	0,79835	28.51
		460	0,88550				
12		459	0,12110	0,12075	0,00000	0,12075	4.31
		460	0,12040				
3	18%	462	2,02790	2,00655	0,03570	1,97085	70,37
		463	1,98520				
6		462	0,69510	0,70280	0.09240	0,61040	21,80
		463	0,71050				
12		462	0,08750	0,08715	0,00000	0,08715	3,11
		463	0,08680				

Bei einer Vergleichung der Umsetzung des Gesamt-Ammonstickstoffes im Boden mit derjenigen des wasserlöslichen Ammonstickstoffs bemerken wir, dass das, was als lösliche Ammoniakverbindung dem Boden hinzugefügt wurde, von ihm teilweise absorbiert und dadurch unlösbar gemacht wurde. Das Ammoniak wird von den mineralischen Bodenbestandteilen, wie von Zeolithen absorbiert und nach den grossen Unterschieden in den entsprechenden Analysen (Tabelle 9 und 10) sind diese Verbindungen wahrscheinlich als schwer nitrifizierbar anzusehen. Wie ich bereits dargetan habe, fand Pichard [1]), dass der Zusatz von Ton zum Sandboden eine nachteilige Wirkung auf die Salpeterbildung hatte. Dies erklärt er durch die Behauptung, dass das Ammoniak sich vermutlich mit dem Ton verbindet, der eine wenig reaktions-

[1]) l. c.

fähige Bindung bildet. Ashby[1]) war dagegen der Meinung, dass das vom Ton und anderen mineralischen Bodenbestandteilen absorbierte Ammoniak direkt nitrifizierbar sei, nicht aber das vom Torf gebundene. Alte und neue Untersuchungen widersprechen diesem Resultat und beweisen, dass in Wirklichkeit die Bindung des Ammoniaks durch Zeolithe die Pflanzen eine längere oder kürzere Zeit hindurch daran verhindert, von dem Ammoniak Gebrauch zu machen, weil diese Verbindungen nicht leicht nitrifizierbar sind. Blobel[2]) fand, dass aus dem Ammoniak, das durch künstliches Zeolith-Gemisch absorbiert war, innerhalb 4 Wochen absolut kein Salpeter gebildet wurde.

Wenn wir auf die Tabellen 9 und 10 sehen, finden wir, dass die Differenz zwischen Gesamt- und wasserlöslichem Ammonstickstoff mit dem Fortschreiten der Zeit kleiner wird. Bei niedrigem Wassergehalt erhalten wir folgende Resultate:

Nach 3 Wochen 29,53 %
„ 6 „ 27,08 %
„ 12 „ 20,16 %.

Deutlicher sind die Veränderungen in dem Boden mit mittlerem Wassergehalt: Nach 3 Wochen 30,37 %
„ 6 „ 9,28 %
„ 12 „ 4.31 %.

Der Boden mit dem höchsten Wassergehalt gibt uns ein ähnliches Ergebnis. Es ist höchst wahrscheinlich, dass der wasserlösliche Ammonstickstoff zuerst in Salpeter verwandelt wird, ehe die Umsetzung des wasserunlöslichen stattfindet.

Wenn wir die Gesamtammonstickstoff-Tabelle selbst betrachten, sehen wir, dass die Umsetzung dauernd fortschreitet. Im Boden mit dem höchsten Wassergehalt erreicht sie ihre grösste Intensität, nämlich 96,89 %. Der Einfluss des Wassergehalts des Bodens ist deutlich sichtbar und die Umsetzung von Ammoniakstickstoff scheint im Sandboden mit einem Wassergehalt von ca. 18 % am besten vonstatten zu gehen. Während der Versuchsdauer verschwand also aus der zugegebenen Menge von 2,8 g Ammoniakstickstoff per Topf:

[1]) Journ. Agric Science **2** 1907, p. 52—67.

[2]) Unters. über Wirkungswert von Ammoniumsulfat und Chilisalpeter. Diss. Leipzig **1908**.

Wassergehalt:	6%	12%	18%
3 Wochen	10,08%	15,35%	29,63%
6 „	31,75%	71,49%	78,20%
12 „	49,53%	95,69%	96,89%

der angewandten Menge.

Fischer[1]) fand, dass nach 77 Tagen der Ammoniakstickstoff fast restlos verschwunden und wohl grösstenteils nitrifiziert ist. Wagner[2]) gibt 65 Tage als die Zeit an, in der der Nitrifikationsprozess bis zu Ende vor sich gehen muss. Bei meinen Untersuchungen betrug die dazu erforderliche Zeit 84 Tage, wahrscheinlich weil die Menge des gebrauchten Ammonstickstoffs grösser war als bei Wagner und Fischer.

c) Salpeterbildung.

Tabelle 11.

Anzahl Wochen	Wassergehalt	Topf No.	Gebildeter Salpeter-N. g pro Topf	Mittel g N.	Salpeter-N. in reiner Erde g pro Topf	Aus Ammon-N. gebildeter Salpeter-N. g	%
0	6%	457	0.07210	0.07210	0,07210	0.00000	0,00
		458	0.07210				
3		457	0.18900	0.18900	0.09065	0,09835	3,51
		458	0,18900				
6		457	0,83790	0.80990	0,11235	0,69755	24.91
		458	0,78190				
12		457	1.25230	1,25615	0,12075	1.13540	40,55
		458	1,26000				
3	12%	459	0,35210	0,35665	0.08890	0.26775	9.56
		460	0,36120				
6		459	1,79410	1.78642	0.10430	1,68212	60.07
		460	1,77873				
12		459	1,73810	1.73425	0.15435	1.57990	56.42
		460	1,73040				
3	18%	462	0,58940	0,58380	0,08050	0.50330	17.97
		463	0,57820				
6		462	1,60160	1.58270	0.13405	1,44865	51.74
		463	1,56380				
12		462	1,64640	1,64080	0.14735	1.49345	53.34
		463	1,63520				

[1]) l. c.

[2]) Arbeiten Deutsch. Landw.-Gesellsch. Heft 80, 8a.

Wir finden, dass die Bildung des Salpeterstickstoffs in den ersten 3 Wochen nur langsam vor sich geht, dann aber die grösste Intensität erreicht. Wie voraus zu sehen war, geht bei niedrigem Wassergehalt die Umsetzung sehr träge vor sich, so dass wir am Schlusse des Versuchs die grösste Salpeterbildung mit 40,55 % fanden. Es ist nach den bei höheren Feuchtigkeitsgraden gefundenen Zahlen anzunehmen, dass der Höhepunkt damit noch nicht erreicht wurde. In den ersten 3 Wochen machte sich der Unterschied in den Feuchtigkeitsgraden bedeutend bemerkbar, so dass mit grösserer Feuchtigkeit schnellere Salpeterbildung eintrat (3,51, 9,56, 17,97 %). Später verwischte der Unterschied allmählich. Zwischen 12 und 18 % Wasser ist der Bildungsunterschied nur gering.

Wenn wir die Menge Nitratstickstoff, die in einzelnen Perioden gebildet wurde, mit derjenigen des Gesamtammonstickstoffs auf Tabelle 10 vergleichen, finden wir, dass mehr Ammoniakstickstoff verschwand, während Nitratstickstoff neu gebildet wurde. Die Differenzen sind folgende:

Tabelle 12.

Anzahl Wochen	Wassergehalt	% Ammonstickstoff verschwunden	% Nitratstickstoff entstanden	% Differenz
Nach 3 Wochen		10,08	3,51	6,57
„ 6 „	6%	31,75	24,91	6,84
„ 12 „		49,53	40,55	8,98
Nach 3 Wochen		15,35	9,56	5,79
„ 6 „	12%	71,49	60,07	11,42
„ 12 „		95,69	56,42	39,27
Nach 3 Wochen		29,63	17,97	11,66
„ 6 „	18%	78,20	51,74	26,46
„ 12 „		96,89	53,34	43,55

Wir sehen aus den obigen Zahlen, dass der Ammoniakstickstoff nicht ganz und gar in Nitratstickstoff verwandelt wird, sondern dass ein grosser Unterschied zwischen beiden besteht. Wagner[1]) und Schlösing jun.[2]) hatten ein ähnliches Resultat

[1]) l. c.

[2]) Compt, rend. Acad. Paris, **125**, 1897, 824.

gefunden. Der höchste an Nitratstickstoff aus Ammonstickstoff gewonnene Gehalt betrug nur 94 %. Wagner nahm an, dass die fehlenden 6 % frei gemacht und verloren gegangen seien. Fischer[1]) erhielt im Sandboden eine Durchschnittsdifferenz von 15,2 % zwischen dem verschwundenen Ammonstickstoff und dem entstandenen Nitratstickstoff, und da nur sehr geringe Differenzen in den Gesamtstickstoff-Bestimmungen gefunden wurden, konnte der Stickstoff nicht entbunden sein. Vielmehr muss, wofür sich Schlösing auch ausspricht, ein Teil des Stickstoffs als schwer angreifbar in organischer Bindung niedergelegt sein. Diese Feststellung des Stickstoffs wurde zuerst von Schneidewind[2]) später von Lemmermann und Pfeiffer[3]) gründlich studiert und einwandfrei nachgewiesen. Hinsichtlich der Festlegung von Stickstoff durch Bakterien im Boden lässt sich nicht behaupten, dass Ammoniak immer dem Salpeter vorgezogen wird. Löhnis[4]) deutet darauf hin, dass es eine grosse Anzahl von Bodenbakterien gibt, die ebenso gern Salpeterstickstoff als Ammonstickstoff aufnehmen. Gerlach[5]) und Vogel[6]) isolierten Bakterien, welche Ammoniak sehr viel langsamer assimilierten als Nitrat. Die Intensität der Ammoniakassimilation hängt stark von dem Wassergehalt, der Temperatur und der Stärke der Durchlüftung des Bodens ab. Tuxen[7]) fand, dass in einem bestimmten Falle in fünf Monaten 28 % des beigegebenen Ammoniumsulfates im Boden so umgesetzt worden waren, dass es weder als Ammoniak noch als Salpeter nachzuweisen war. Ehrenberg[8]) berechnete, dass bis 28 % des gegebenen Ammoniakstickstoffes in Eiweiss verwandelt wurden, Lemmermann[9]) im Lehmboden 36,75 % des beigegebenen Ammoniumsulfates. Wenn wir die Resultate meiner bereits gegebenen Versuche betrachten, sehen wir, dass mit dem Fortschreiten der Zeit die Differenz bei allen drei Feuchtigkeitsverhältnissen grösser wurde. Im Boden mit einem Wassergehalte von 18 % ist die

[1]) l. c.
[2]) Journ. f. Landw., 1897, p. 173.
[3]) Vers.-Stat. **54**, 1900, p. 386.
[4]) Mittlgn. Landw. Inst. Univers. Leipzig, Heft 7, 16.
[5]) u. [6]) Zentralbl. f. Bakt., II. Abt. 7, 1901, p. 609; spez. p. 613, 618.
[7]) l. c.
[8]) Landw. Jahrb. **33**, 1904, p. 136.
[9]) Landw. Jahrb. **38**, 1909, p. 339.

Differenz am grössten. Diese Differenzen umfassen hier den Stickstoffgehalt, welcher assimiliert worden und verloren gegangen ist. Eine Betrachtung der frei gelegten Stickstoffmenge wird in dem nächsten Abschnitt angestellt werden.

2. Lehmboden.

a) Wasserlöslicher Ammoniakstickstoff.

Tabelle 13.

Anzahl Wochen	Wasser-Gehalt	Topf No.	Gef. Ammon-N. g pro Topf	Mittel g N.	In Topf ohne Ammonsulfat g pro Topf	Übriggebliebener Ammon-N. g	%
0	8%	489	2,80000	2,80000	0,00000	2,80000	100,00
		490	2,80000				
3		489	0,60889	0,61175	0,00000	0,61175	21,84
		490	0,61461				
6		489	0,57025	0,57347	0,00000	0,57347	20,48
		490	0,57669				
12		489	0,39638	0,39996	0,00000	0,39996	14,28
		490	0,40354				
3	16%	491	0,47724	0,48404	0,00000	0,48404	17,28
		492	0,49083				
6		491	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		492	0,00000				
12		491	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		492	0,00000				
3	24%	703	0,28692	0,28692	0,00000	0,28692	10,24
		788	0,28692				
6		703	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		788	0,00000				
12		703	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		788	0,00000				

Im Lehmboden mit niedrigem Wassergehalt ging die Umsetzung, wie Tabelle 14 zeigt, langsamer vor sich als im Sandboden mit niedrigem Wassergehalt. Der grosse Unterschied zwischen der Menge Ammoniakstickstoff, die nach drei Wochen im Lehmboden vorhanden war, und der im Sandboden, ist der grösseren Absorptionsfähigkeit des Lehmbodens für das Ammoniak zuzuschreiben.

In den Böden mit den höheren und mittleren Feuchtigkeitsgraden ist der wasserlösliche Ammonstickstoff gegen Ende der ersten 6 Wochen gänzlich verschwunden.

b) Gesamt-Ammonstickstoff.

Tabelle 14.

Anzahl Wochen	Wasser-Gehalt	Topf No.	Gef. Ammon-N. g pro Topf	Mittel g N.	In Topf ohne Ammonsulfat g pro Topf	Übrigge-bliebener Ammon-N. g	%
0	8%	489	2,88514	2,88514	0,08514	2,80000	100,00
		490	2,88514				
3		489	2,49065	2,48565	0,08370	2,40195	85,78
		490	2,48064				
6		489	2,21018	2,23200	0,00000	2,23200	79,71
		490	2,25382				
12		489	1,76800	1,76729	0,00000	1,76729	63,12
		490	1,76657				
3	16%	491	2,18728	2,21412	0,07513	2,13899	76,32
		492	2,24095				
6		491	0,27904	0,27332	0,08658	0,18674	6,67
		492	0,26759				
12		491	0,03721	0,03721	0,00000	0,03721	1,33
		492	0,03721				
3	24%	703	1,46892	1,46284	0,05438	1,40846	50,32
		788	1,45676				
6		703	0,14668	0,13559	0,08371	0,05188	1,85
		788	0,12450				
12		703	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		788	0,00000				

Wenn wir in Tabelle 13 und 14 den Ammonstickstoff bei entsprechenden Feuchtigkeitsgraden vergleichen, sehen wir, wie gross das Absorptionsvermögen des Lehmbodens ist. Mit dem Fortschreiten der Zeit nehmen die Differenzen ab, gerade wie im Sandboden. In der Erde mit niedrigem Wassergehalt sind die Unterschiede:

Nach 3 Wochen 63,94 %
„ 6 „ 59,23 %
„ 12 „ 48,84 % etc.

Dieselbe Erscheinung finden wir auch in den Differenzen bei den Böden mit mittleren und höheren Feuchtigkeitsgraden.

In dem Boden mit niedriger Feuchtigkeit verläuft die Umsetzung ziemlich gleichmässig. Während nun die grösste Umsetzungs-Intensität bei mittlerem Wassergehalt zwischen der dritten und sechsten Woche eintrat, geschah dies bei 24 % Wasser schon in den ersten 3 Wochen. Hier war am Ende des Versuches kein Ammonstickstoff vorhanden. Wie beim Sandboden hat auch hier der Wassergehalt wiederum eine mächtige Wirkung auf die Umsetzung ausgeübt. Während der Versuchsdauer verschwand aus der zugegebenen Menge von 2,8 g Ammonstickstoff pro Topf:

Wassergehalt	8%	16%	24%
Nach 3 Wochen	14,22%	23,68%	50,32%
„ 6 „	20,29%	93,33%	98,15%
„ 12 „	36,88%	98,67%	100,00%

c) Salpeterbildung.

Tabelle 15.

Anzahl Wochen	Wassergehalt	Topf No.	Gebildeter Salpeter-N. g pro Topf	Mittel g N.	Salpeter-N. in reiner Erde g pro Topf	Aus Ammon-N. gebildeter Salpeter-N. g	%
0	8%	489	0,47008	0,47008	0,47008	0,00000	0,00
		490	0,47008				
3		489	0,50729	0,50085	0,48726	0,01359	0,48
		490	0,49441				
6		489	0,65754	0,64753	0,49692	0,15061	5,38
		490	0,63751				
12		489	1,15334	1,14871	0,53162	0,61709	22,03
		490	1,14408				
3	16%	491	0,78705	0,78562	0,47044	0,31518	11,25
		492	0,78419				
6		491	2,70244	2,67597	0,47152	2,20445	78,73
		492	2,64950				
12		491	2,59369	2,57580	0,51373	2,06207	73,64
		492	2,55791				
3	24%	703	1,29577	1,29828	0,44147	0,85681	30,60
		788	1,30087				
6		703	2,52572	2,51446	0,41857	2,09589	74,85
		788	2,50320				
12		703	2,15294	2,14543	0,42929	1,71614	61.29
		788	2,13791				

Auch hier geht die Salpeterbildung in den ersten drei Wochen relativ langsam vor sich. Während bei niedrigem Wassergehalt die Umsetzung im Laufe des Versuches nur träge fortschreitet, sodass nach Ende des Versuches erst 22 % Salpeterstickstoff gebildet waren, erreicht sie bei den höheren Feuchtigkeitsgraden gegen die sechste Woche die größte Intensität und ihren Höhepunkt. Da bei 24 % Wasser nach drei Wochen bereits 30,6 % gegen 11,25 % bei 16 % Wasser Salpeterstickstoff gebildet wurden, und nach 12 Wochen 61,29 % gegen 73,64 % Salpeterstickstoff vorhanden waren, so ist wohl anzunehmen, dass bei der grössten Feuchtigkeit auch die stärksten biochemischen Umsetzungen vor sich gingen.

Wenn wir die Menge Nitratstickstoff, die in einzelnen Perioden gebildet wurde, mit derjenigen des Gesamt-Ammonstickstoffes auf Tabelle 14 vergleichen, finden wir wieder, daß eine grössere Menge Ammoniakstickstoff verschwunden ist, als Nitratstickstoff neu gebildet wurde. Die Differenzen sind folgende:

Tabelle 16.

Anzahl Wochen	Wassergehalt	% Ammonstickstoff verschwunden	% Nitratstickstoff entstanden	% Differenz
Nach 3 Wochen		14,22	0,48	13,74
„ 6 „	8 %	20,29	5,38	14,91
„ 12 „		36,88	22,03	14,85
„ 3 „		23,68	11,25	12,43
„ 6 „	16 %	93,33	78,73	14,60
„ 12 „		98,67	73,64	25,30
„ 3 „		50,32	30,60	19,72
„ 6 „	24 %	98,15	74,85	23,30
„ 12 „		100,00	61,29	38,71

Wie im Sandboden steigt mit der Zeit die Prozentdifferenz.

3. Tonboden.

a) Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Tabelle 17.

Anzahl Wochen	Wasser-Gehalt	Topf No.	Gef. Ammon-N. g pro Topf	Mittel g	In Topf ohne Ammonsulfat g pro Topf	Übrigge-bliebener Ammon-N. g	%
0	8%	781	2,80000	2,80000	0,00000	2,80000	100,00
		783	2,80000				
3		781	0,38892	0,38998	0,00000	0,38998	13,92
		783	0,39105				
6		781	0,36403	0,36226	0,00000	0,36226	12,93
		783	0,36048				
12		781	0,23747	0,23747	0,00000	0,23747	8,48
		783	0,23747				
3	18%	785	0,24743	0,24352	0,00000	0,24352	8,69
		786	0,23961				
6		785	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		786	0,00000				
12		785	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		786	0,00000				
3	28%	787	0,00995	0,00995	0,00000	0,00995	0,36
		789	0,00995				
6		787	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		789	0,00000				
12		787	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		789	0,00000				

Die geringsten Mengen wasserlöslichen Ammonstickstoffs finden wir im Tonboden und zwar mit 13,92% als Höchstgehalt. Nach 6 Wochen sind bei den höheren Feuchtigkeitsgraden sämtliche löslichen Ammoniumsalze verschwunden. Vergleichen wir Tabelle 17 und 18, so finden wir, dass die grosse Differenz zwischen zugesetztem Ammonstickstoff und wieder gefundenem nicht hauptsächlich auf Nitrifikation beruht, sondern auf Absorption des Tonbodens für Ammoniumsalze.

b) Gesamt-Ammonstickstoff.

Tabelle 18.

Anzahl Wochen	Wasser-Gehalt	Topf No.	Gef. Ammon-N. g pro Topf	Mittel g	In Topf ohne Ammonsulfat g pro Topf	Übriggebliebener Ammon-N. g	%
0		781	2,85261	2,85261	0,05261	2,80000	100,00
		783	2,85261				
3		781	2,22276	2,22339	0,08289	2,13950	76,41
		783	2,22401				
6	8%	781	2,08181	2,08394	0,05190	2,03204	72,57
		783	2,08607				
12		781	1,68080	1,68187	0,00000	1,68187	60,06
		783	1,68294				
3		785	1,43622	1,47675	0,09705	1,37970	49,27
		786	1,51727				
6	18%	785	0,19190	0,19190	0,03839	0,15351	5,48
		786	0,19190				
12		785	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		786	0,00000				
3		787	0,10167	0,11874	0,03804	0,08070	2,88
		789	0,13580				
6	28%	787	0,09101	0,09101	0,06612	0,02489	0,89
		789	0,09101				
12		787	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00
		789	0,00000				

Bei niedrigem Wassergehalt sind die Unterschiede zwischen den entsprechenden Ammonstickstoffmengen folgende (Tabelle 17 und 18):

Nach 3 Wochen 62,49%
„ 6 „ 59,64%
„ 12 „ 57,58%.

Wir bemerken hier, dass die Differenzen nach und nach kleiner werden und so auch bei mittleren und höchsten Feuchtigkeitsgraden.

Betrachten wir Tabelle 18, so finden wir, dass der Ammonstickstoff nach 12 Wochen sowohl bei 18 als auch bei 28% Wasser verschwunden war. Der Einfluss des Wassergehaltes auf die Schnelligkeit der Reaktion ist sehr gross und kann leicht bemerkt werden, wenn man die Mengen von Ammoniakstickstoff

vergleicht, die nach verschiedenen Zeiten bei den verschiedenen Feuchtigkeitsgraden vorhanden sind.

Während der Versuchsdauer verschwand aus der zugegebenen Menge von 2,8 g Ammoniakstickstoff:

Wassergehalt	8%	18%	28%
Nach 3 Woch.	23,59%	50,73%	94,12%
„ 6 „	27,43%	94,52%	99,11%
„ 12 „	39,94%	100,00%	100,00%

Demnach wurden bei 28% Wasser nach 3 Wochen bereits 94,12% Ammonstickstoff umgesetzt, während bei 8% Feuchtigkeit nur 23,59% verschwunden waren.

c) Salpeterbildung.

Tabelle 19.

Anzahl Wochen	Wassergehalt	Topf No.	Gebildeter Salpeter-N. g pro Topf	Mittel g	Salpeter-N. in reiner Erde g pro Topf	Aus Ammon-N. gebildeter Salpeter-N. g	%
0	8%	781	0,10807	0,10807	0,10807	0,00000	0,00
		783	0,10807				
3		781	0,10096	0,10096	0,10096	0,00000	0,00
		783	0,10096				
6		781	0,21259	0,20406	0,14789	0,05617	2,01
		783	0,19553				
12		781	0,43229	0,43691	0,16282	0,27409	9,78
		783	0,44153				
3	18%	785	0,86742	0,83472	0,11448	0,72024	25,72
		786	0,80201				
6		785	2,31146	2,32888	0,14007	2,18881	78,17
		786	2,34630				
12		785	2,17353	2,16784	0,23499	1,93285	69,03
		786	2,16215				
3	28%	787	2,18277	2,14651	0,12869	2,01782	72,06
		789	2,11025				
6		787	1,97231	1,96916	0,12692	1,84224	65,79
		789	1,96600				
12		787	1,87846	1,85216	0,26271	1,59845	56,76
		789	1,82585				

In dem trockenen Boden ist die Salpeterbildung sehr gering. In den ersten 3 Wochen scheint überhaupt kein Salpeterstickstoff gebildet worden zu sein, und alsdann schreitet die Bildung nur langsam vor sich. Bei mittlerem Wassergehalt erreicht der Salpeterstickstoff seinen Höhepunkt nach 6 Wochen. Nach 12 Wochen ist die vorhandene Menge dann sichtlich kleiner, indem entweder der Stickstoff in Eiweisstickstoff verwandelt oder freigemacht worden war.

In dem Boden mit der höchsten Feuchtigkeit wurde der grösste Salpetergehalt bereits nach drei Wochen gefunden, um dann beständig geringer zu werden. Der für die Pflanzen günstigste Wassergehalt dürfte demnach der mittelste sein, da ihnen hier voraussichtlich am längsten und vorteilhaftesten der Salpeterstickstoff erhalten bleibt.

Bei der Vergleichung des verschwundenen Ammoniakstickstoffgehaltes mit der Menge des gebildeten Nitratstickstoffes finden wir auch grosse Differenzen. Dieselben geben die Menge Ammonstickstoff an, welche assimiliert und freigemacht worden ist. Folgende Tabelle zeigt die gefundenen Differenzen:

Tabelle 20.

Anzahl Wochen	Wassergehalt	% Ammonstickstoff verschwunden	% Nitratstickstoff entstanden	% Differenz
Nach 3 Wochen		23,59	0,00	23,59
„ 6 „	8 %	27,43	2,01	25,42
„ 12 „		39,94	9,78	30,16
„ 3 „		50,73	25,72	25,01
„ 6 „	18 %	94,52	78,17	16,35
„ 12 „		100,00	63,03	30,97
„ 3 „		94,12	72,06	25,06
„ 6 „	28 %	99,11	65,79	33,32
„ 12 „		100,00	56,76	43,24

Bei niedrigem und höchstem Wassergehalt steigt die Differenz nach und nach, aber bei der Erde mit mittlerem Wassergehalt nimmt die Differenz ab, um wieder zu steigen.

4. Vergleichung der 3 Böden.

Vergleicht man alle 3 Böden, so bemerkt man bei dem kleineren Wassergehalt, dass die Umsetzung im Sandboden am schnellsten, im Tonboden mittelschnell, im Lehmboden am langsamsten vor sich geht. Die Umsetzung bei mittlerem Wassergehalt geht am schnellsten vor sich in dem Tonboden und am langsamsten im Sandboden. Bei dem höchsten Wassergehalt finden wir dasselbe Verhältnis.

Sehen wir uns die entsprechende Salpeterbildung an, so finden wir, dass bei niedrigem Wassergehalt die Bildung im Sandboden weit grösser ist als in den beiden anderen Böden. Im Tonboden war die Bildung eine sehr geringe, während im Lehmboden die Umsetzung einen mittleren Platz einnimmt. Bei mittlerem Wassergehalt zeigt sich, dass nach 3 Wochen am meisten Salpeterstickstoff im Tonboden und am wenigsten im Sandboden gefunden wurde. Nach 6 Wochen erreicht die Salpeterbildung ihren Höhepunkt, ohne jedoch im Sandboden den Gehalt der beiden schwereren zu erreichen. Mit Ausnahme des Sandbodens ist der Gehalt an Nitratstickstoff nach 12 Wochen kleiner als nach 6 Wochen. Die Umsetzung bei höchstem Wassergehalt in allen 3 Böden ist verschieden. Im Sandboden und Lehmboden geht die Bildung in den ersten 6 Wochen viel schneller vor sich als in den letzten 6 Wochen. Während aber bei letzterem die Salpeterstickstoffmenge alsdann sinkt, nimmt sie im ersteren noch zu. Im Tonboden erreicht die Nitratstickstoffmenge bereits nach drei Wochen ihren Höhepunkt, nämlich 72,06 % des Ammonstickstoffs, um dann dauernd zu sinken.

Vergleichen wir die Differenzen zwischen dem verschwundenen Ammonstickstoff und dem entstandenen Nitratstickstoff in den 3 Böden, so finden wir, dass im Sandboden die Unterschiede bei allen drei Feuchtigkeitsgraden am kleinsten, und im Tonboden am grössten sind. Im allgemeinen kann man sagen, dass im Laufe unseres Versuches die Menge des gebundenen resp. verloren gegangenen Stickstoffs sich allmählich vermehrt hat. Bei der Betrachtung der Gesamtstickstoff-Tabellen werden wir finden, dass bei höchstem Wassergehalt in allen 3 Böden Stickstoff frei gemacht worden und verloren gegangen ist.

Um die 3 Böden auf ihre Absorptionsfähigkeit hin zu vergleichen, dienen die Differenzen zwischen dem Gesamtammon-

stickstoff und dem wasserlöslichen Ammonstickstoff nach 3, 6 und 12 Wochen. Bei niedrigem Wassergehalt ist derselbe am besten.

	Sandboden	Lehmboden	Tonboden
Nach 3 Woch.	29,53%	63,94%	62,94%
„ 6 „	27,08%	59,23%	59,64%
„ 12 „	20,16%	48,84%	51,58%

Aus diesen Zahlen ersehen wir, dass eine gewaltige Differenz besteht zwischen dem Sandboden einerseits und dem Lehm- und Tonboden andererseits. Die beiden letzteren sind ziemlich gleich, obwohl anzunehmen ist, dass der Tonboden eine grössere und stärkere Absorptionsfähigkeit besitzt.

II. Nitratstickstoff aus Hornmehl.

1. Sandboden.

Die folgende Tabelle zeigt den aus organisch gebundenem Stickstoff und den aus der geringen Menge Ammonstickstoff des Hornmehls gebildeten Salpeterstickstoff. Die Summe muss hier angeführt werden, da sich nicht feststellen lässt, wie viel des gefundenen Salpeterstickstoffs aus der minimalen Menge des Ammonstickstoffs herrührt.

Tabelle 21.

Gebildeter Nitratstickstoff:

Anzahl Wochen	Wassergehalt	Topf No.	Gebildeter Nitrat-N. g pro Topf	Mittel g	Salp.-N. in rein. Erde + Salp.-N. in Hornmehl g pro Topf	Aus Hornmehl gebildeter Salp.-N. g	%
0	6%	464	0,13300	0,13300	0,13300	0,0000	0,00
		465	0.13300				
3		464	0,39060	0,39780	0,15155	0.24625	8,99
		465	0,40500				
6		464	1 22500	1,20715	0,17325	1,03390	37,74
		465	1.18930				
12		464	1.34330	1,34925	0,18165	1,16760	42,63
		465	1.35520				

Fortsetzung von Tabelle 21.

Anzahl Wochen	Wasser-gehalt	Topf No.	Gebildeter Nitrat-N. g pro Topf	Mittel g	Salp.-N. in rein. Erde + Salp-N. in Horn-mehl g pro Topf	Aus Horn mehl gebildeter Salp.-N. g	%
3		466	0.96390	0,96110	0,14980	0,81130	29.61
		467	0,95830				
6	12%	466	1,49380	1,51165	0,16520	1,34645	49.15
		467	1,52950				
12		466	1,73740	1,73635	0,21525	1,52110	55,53
		467	1,73530				
3		469	0,77980	0,73955	0,14140	0,59815	21.83
		470	0,69930				
6	18%	469	1,47210	1,46300	0,19495	1,26805	46.74
		470	1,45390				
12		469	1,72760	1,71395	0,20825	1,50570	54,97
		470	1,70030				

Wir sehen, dass bei allen drei Feuchtigkeitsgraden die Bildung bis zum Ende der Untersuchungen wächst. Die Umsetzung scheint bei mittlerem Wassergehalt am besten von statten zu gehen und war in allen drei Fällen in den ersten sechs Wochen am schnellsten, um dann langsamer zu werden. Eine Vergleichung der Prozentmenge Nitratstickstoff, der aus Ammonsulfat und Hornmehl gebildet wurde, ist interessant.

Tabelle 22.

Wasser-Gehalt	Wochen	Nitratstickstoff aus Ammoniumsulfat	Nitratstickstoff aus Hornmehl
	3	3,51 %	8,99 %
6	6	24,91 „	37.74 „
	12	40,55 „	42.63 „
	3	9.56 „	29,61 „
12	6	60,07 „	49,15 „
	12	56,42 „	55,53 „
	3	17,97 „	21,83 „
18	6	51.74 „	46,74 „
	12	53.34 „	54,97 „

Wir sehen hier, daß in den ersten 3 Wochen bei niedrigem Wassergehalt die Menge des aus Hornmehl gebildeten Nitrat-

stickstoffs zwei- bis dreimal so groß ist als die aus Ammoniumsulfat gebildete. Nach sechs und nach zwölf Wochen ist hier die aus Hornmehl gebildete Menge auch größer. Die Umsetzung in den letzten sechs Wochen geht beim Ammoniumsulfat bedeutend schneller vor sich als bei Hornmehl. Bei mittlerem Wassergehalt ist der Umsetzungsvorgang anfangs beim Hornmehl dreimal so stark, als der beim Ammoniumsulfat.

In den nächsten drei Wochen finden wir, daß die Umsetzung von Ammonstickstoff in Nitratstickstoff größer war. Die nach 12 Wochen vorhandene Menge ist in beiden Fällen ungefähr gleich. Der Nitratstickstoff nimmt beim Hornmehl andauernd zu, während er beim Ammoniumsulfat nach 12 Wochen geringer war als nach sechs Wochen. Die Umsetzung des Hornmehls ist in der ersten Zeit etwas schneller gewesen, wohingegen sie dann so stark nachläßt, daß die Salpeterbildung aus Ammoniumsulfat fast die gleiche Höhe erreicht. Im allgemeinen geht die Salpeterbildung aus organischer Substanz in den ersten Wochen schneller vor sich, als aus Ammoniumsulfat. Diese Differenzen gleichen sich später aus.

2. Lehmboden.

Die Menge des aus Hornmehl gebildeten Nitratstickstoffs wird in folgender Tabelle angegeben.

Tabelle 23.

Gebildeter Nitratstickstoff.

Anzahl Wochen	Wassergehalt	Topf No.	Gebildeter Nitratstickstoff g pro Topf	Mittel g	Salp.-N. in Hornmehl und reiner Erde g pro Topf	Aus Hornmehl gebildeter Nitrat-N. g	%
0	8%	794	0,53098	0,53098	0,53098	0,00000	0,00
		701	0,53098				
3		794	0,53090	0,53484	0,54816	0,00000	0,00
		701	0,53877				
6		794	0,62749	0,63644	0,55782	0,07862	2,87
		701	0,64538				
12		794	0,94946	0,94946	0,59252	0,35694	13,03
		701	0,94946				

Fortsetzung von Tabelle 23.

Anzahl Wochen	Wassergehalt	Topf No.	Gebildeter Nitratstickstoff g pro Topf	Mittel g	Salp.-N. in Hornmehl und reiner Erde g pro Topf	Aus Hornmehl gebildeter Nitrat-N. g	%
3		702	0,78920	0,78920	0,53134	0,25786	9,41
		705	0,78920				
6	16%	702	2,14650	2,14042	0,53242	1,60800	58,71
		705	2,13433				
12		702	2,05420	2,05027	0,57463	1,47564	53,87
		705	2,04633				
3		706	1,14766	1,14301	0,50237	0,64064	23,38
		707	1,13836				
6	24%	706	1,83955	1,83848	0,47947	1,35901	49,61
		707	1,83740				
12		706	1,54763	1,55872	0,49019	1,06853	39,01
		707	1,56981				

Bei niedrigem Wassergehalt ist die Bildung sehr gering. In den ersten drei Wochen war keine Nitratbildung zu bemerken. Bei mittlerem Wassergehalt ist die Umsetzung in den zweiten drei Wochen am grössten. Nach sechs Wochen wurde die grösste Menge Nitratstickstoff gefunden. Dasselbe ist der Fall im Boden mit dem höchsten Wassergehalt. Am Schluss der Zeit ist die Menge Nitratstickstoff bedeutend kleiner geworden, als im ersten Falle, da der Nitratstickstoff frei gemacht, oder festgelegt wurde.

Die Bildung von Nitratstickstoff scheint am besten bei mittlerem Wassergehalt vor sich zu gehen. Bei einem Vergleiche der Nitratbildung aus Hornmehl mit derjenigen aus Ammoniumsulfat bekommen wir folgendes Resultat:

Tabelle 24.

Wassergehalt	Wochen	Nitratstickstoff aus Ammoniumsulfat	Nitratstickstoff aus Hornmehl
	3	0,48 %	0,00 %
8%	6	5,38 „	2,87 „
	12	22,03 „	13,03 „
	3	11,25 „	9,41 „
16%	6	78,73 „	58,71 „
	12	73,64 „	53,87 „
	3	30,60 „	23,38 „
24%	6	74,85 „	49,61 „
	12	61,29 „	39,01 „

Bei allen drei Feuchtigkeitsgraden ist die Nitratbildung aus Ammoniumsulfat grösser als aus Hornmehl. Nach zwölf Wochen fand man, sowohl bei mittlerem als auch bei höchstem Wassergehalt, dass die Menge des Salpeterstickstoffs geringer als nach sechs Wochen war.

3. Tonboden.

Die folgende Tabelle gibt die Nitratbildung aus Hornmehl an:

Tabelle 25.

Gebildeter Nitratstickstoff.

Anzahl Wochen	Wassergehalt	Topf No.	Gebildeter Nitratstickstoff g pro Topf	Mittel g	Salp.-N. in Hornmehl und reiner Erde g pro Topf	Aus Hornmehl gebildeter Nitrat-N. g	%
0	8%	790	0,16897	0,16897	0,16897	0,00000	0,00
		791	0,16897				
3		790	0,17917	0,17917	0,16186	0,01731	0,63
		791	0,17917				
6		790	0,18415	0,18379	0,20879	0,00000	0,00
		791	0,18343				
12		790	0,28013	0,27765	0,22372	0,05393	1,96
		791	0,27516				
3	18%	793	0,68825	0,68612	0,17538	0,51074	18,64
		795	0,68398				
6		793	1,76684	1,76897	0,20097	1,56800	57,24
		795	1,77110				
12		793	1,80310	1,79885	0,29589	1,50296	54,87
		795	1,79460				
3	28%	667	1,20585	1,19910	0,18960	1,00950	36,85
		665	1,19235				
6		667	1,25065	1,24994	0,18782	1,06212	38,77
		665	1,24923				
12		667	0,97691	0,98651	0,32361	0,66290	24,20
		665	0,99611				

Bei niedrigem Wassergehalt finden wir, dass nach drei Wochen nur 0,63 % des angewandten organisch gebundenen Stickstoffs in Nitratstickstoff umgewandelt wurde. Diese kleine Menge verschwindet in den nächsten drei Wochen und nach 12 Wochen finden wir, dass 1,96 % als Nitratstickstoff vorhanden sind.

Im Tonboden bei mittlerem Wassergehalt scheint die Umsetzung am besten vor sich zu gehen. In den letzten 6 Wochen findet dagegen sowohl bei mittlerem als auch bei höchstem Wassergehalte das Entgegengesetzte statt, nämlich, dass der Salpeterstickstoff entweder in Eiweiss verwandelt wird oder verloren geht. Die Umsetzung in den ersten 3 Wochen geschieht bei höchstem Wassergehalt fast doppelt so schnell wie bei mittlerem. In den zweiten 3 Wochen ist das Entgegengesetzte der Fall.

Ein Vergleich des aus Ammoniumsulfat gebildeten Nitratstickstoffs und desjenigen aus Hornmehl wird in folgender Tabelle gegeben.

Tabelle 26.

Wassergehalt	Wochen	Nitratstickst. a. Ammonium-Sulfat %	Nitratstickst. aus Hornmehl %
8	3	0,00	0,63
	6	2,01	0,00
	12	9,78	1,96
18	3	25,72	18,64
	6	78,17	57,24
	12	69,03	54,87
28	3	72,06	36,85
	6	65,79	38,77
	12	56,76	24,20

Wir sehen hier, dass in allen 3 Fällen die Salpeterstickstoffbildung aus Ammoniumsulfat weit besser war als die aus Hornmehl. In den letzten 6 Wochen wurde sowohl bei mittlerem als auch bei höchstem Wassergehalte in beiden Fällen Nitratstickstoff festgelegt oder frei gemacht. Die grossen Unterschiede zwischen den zwei Bildungen sind bemerkenswert.

Um mit einem flüchtigen Blick die Umsetzung des organisch gebundenen Stickstoffs in den 3 Böden zu vergleichen, genügt die folgende Tabelle, auf welcher der Nitratstickstoffgehalt angegeben ist.

Tabelle 27.

Wassergehalt	Wochen	Sandboden %	Lehmboden %	Tonboden %
niedriger	3	8,99	0,00	0,63
	6	37,74	2,87	0,00
	12	42,63	13,03	1,96
mittlerer	3	29,61	9,41	18,64
	6	49,15	58,71	57,24
	12	55,53	53,87	54,87
höherer	3	21,83	23,38	36,85
	6	46,74	49,61	38,77
	12	54,97	39,01	24,20

Wir sehen, dass die Umsetzung im Sandboden bei niedrigem Wassergehalt weit besser vor sich geht als in den anderen beiden Böden. Auch bei mittlerem Wassergehalt ist die Umsetzung in den ersten 3 Wochen viel grösser als im Lehmboden und Tonboden; in den nächsten 3 Wochen aber zeigen die beiden letzteren eine grössere Umsetzung. Nitratstickstoff wird im Sandboden bis zum Schluss der Untersuchungen gebildet, während im Lehm- und Tonboden schon nach den ersten 6 Wochen Nitratstickstoff verschwindet. Bei höchstem Wassergehalt ist die Umsetzung am besten im Sandboden. In den letzten 6 Wochen tritt derselbe Zustand ein wie bei mittlerem Wassergehalt.

C. Entbindung von elementarem Stickstoff.

Viele Chemiker, insbesondere Wagner[1]) erklärten, die Minderwirkung des schwefelsauren Ammoniums sei in der Hauptsache auf Ammoniakverdunstung zurückzuführen. Indessen haben zahlreiche Experimente zweifellos bewiesen, dass nur in äusserst seltenen Fällen und durchaus nicht unter normalen Bedingungen Ammoniak als solches aus dem Boden entweicht und dann nur in ganz geringen Mengen. Wenn ein Übergang von Boden-

[1]) Arb. d. Dtsch. Landw. Gesellsch. **80**, 1903, p. 16, 62; **98**, 1904, p. 40.

stickstoff in die Atmosphäre stattgefunden hat, so ist dies fast stets auf Entbindung elementaren Stickstoffs zurückzuführen. Zwei Möglichkeiten kommen dabei in Betracht: Die Stickstoffentbindung durch Denitrifikation und die eventuelle Stickstoffentbindung beim Zerfall organischer Substanzen. Experimente hatten gezeigt, dass, abgesehen von der tatsächlichen Anwesenheit von Nitrat, zwei Bedingungen zur Denitrifikation nötig waren, nämlich Luftabschluss und Anwesenheit geeigneter Substanzen. Dehérain[1]) war der Meinung, dass die erste Bedingung wenig Einfluss auf die Nitrifikation in der Ackererde habe. Munro[2]) vertrat die Ansicht, dass das Vorhandensein grosser Mengen organischer Substanz das Zustandekommen der Denitrifikation bestimmen. Winogradsky und viele andere nach ihm kamen auch zu dieser Ansicht.

In meinen Experimenten stellte sich heraus, dass die Verluste beim Hornmehl bei höchstem Wassergehalt grösser waren als die Verluste beim Ammoniumsulfat. Dies mag durch die Tatsache erklärt werden, dass durch den Zusatz von Hornmehl die Kohlenstoffquelle vergrössert wurde. Bei den Tabellen für Gesamtstickstoff findet man durchweg kleine Differenzen. Es ist nicht anzunehmen, dass diese Differenzen irgend welche Bedeutung haben, weil sie innerhalb der Fehlergrenze liegen, die man leider in Rechnung ziehen musste. Im allgemeinen entsprach bei unseren Bestimmungen 1 ccm Titernatronlauge 0,00055 g Stickstoff. Für 5 g Erde wurde eine Fehlergrenze von 0,2 ccm angenommen, welche sehr klein ist. Bei der Berechnung des Betrags pro Topf mit 7 Kilo trockener Erde erhalten wir folgende Zahlen:

für	5 g Erde	Fehlergrenze	= 0,00011 g N
„	100 „	„	= 0,0022 „ „
„	7 Kilo „	„	= 0,154 „ „

Man kann nicht annehmen, dass die Differenzen innerhalb dieser Grenzen irgend welche Bedeutung haben. Um die Verluste in Prozenten zu berechnen, habe ich das Mittel der in dem Boden ohne Düngung gefundenen Differenzen von den Differenzen mit Düngung abgezogen. Durch Einsetzen der gefundenen Zahl (y) in eine einfache Gleichung $2{,}8 : y = 100 : x$ wurde der Verlust in Prozenten berechnet.

[1]) Ann. agrar. **9**, 1883, p. 6—21 (ref. Zentralbl. f. Agric. Chem. 12, p. 506).
[2]) Chemical News 53, 1886, p. 307.

1. Sandboden.

Hier finden wir, dass die erste merkliche Differenz in dem Boden mit Ammoniumsulfatdüngung bei höchstem Wassergehalt vorkommt, beim Hornmehl bei mittlerem und höchstem Wassergehalt.

Tabelle 28.

Anzahl Wochen	Topf No.	Wassergehalt	Düngung	Differenzen in gedüngtem Boden g	Mittel-Differenz in reinem Boden g	Verlust %	Mittel %
12	462 463	18%	Ammonium-Sulfat	0,20330 0,19880	0,08435	4,24 4,09	4,16
12	466 467	12%	Hornmehl	0,16240 0,20300	0,06020	3,65 5,10	4,37
12	469 470	18%	Hornmehl	0,33950 0,33820	0,08435	9,11 9,06	9,08

Aus diesen Resultaten ersehen wir, dass der Wassergehalt des Bodens und dann die Menge der vorhandenen organischen Substanz eine grosse Rolle spielen. Beim Sandboden ohne Stickstoffzusatz tritt bei keinem Wassergehalt ein Stickstoffverlust ein.

2. Lehmboden.

Hier bemerken wir in reinem Boden bei höchstem Wassergehalt geringe Verluste, die ausserhalb der Fehlergrenze liegen. Der Gesamtstickstoff betrug zu Beginn pro Topf 11,13154 g und von diesen waren nach 12 Wochen durchschnittlich 0,3627 g = 3,17 % verloren gegangen. Um die gedüngten Böden zu betrachten, benutzen wir folgende Tabelle:

Tabelle 29.

Anzahl Wochen	Topf No.	Wassergehalt	Düngung	Differenzen in gedüngtem Boden g	Mittel-Differenz in reinem Boden g	Verlust %	Mittel %
12	491 492	16%	Ammonium-Sulfat	0,34082 0,29718	0,09981	8,61 7,05	7,83
12	703 788	24%	Ammonium-Sulfat	0,90893 0,92753	0,36276	19,51 20,17	19,84
12	702 705	16%	Hornmehl	0,30433 0,29217	0,09981	7,30 6,87	7,09
12	706 707	24%	Hornmehl	1,26167 1,26668	0,36276	32,10 32,28	32,19

Im Lehmboden spielt der Wassergehalt eine grosse Rolle, wie wir aus diesen Zahlen ersehen können. Bei 16 % Wasser scheint hier die organische Substanz des Hornmehls kaum irgend welche Bedeutung zu haben. Indessen ist in den Böden mit höchstem Wassergehalt der Verlust bei Hornmehldüngung fast doppelt so gross als der bei Ammoniumsulfat.

3. Tonboden.

Wie beim Lehmboden finden wir einen geringen Verlust auch im Boden ohne Düngung bei höchstem Wassergehalt.

Bei Betrachtung der Verluste in gedüngten Böden erhalten wir folgende Resultate:

Tabelle 30.

Anzahl Wochen	Wassergehalt	Topf No.	Düngung	Differenzen in gedüngtem Boden g	Mittel-Differenz in reinem Boden g	Verlust %	Mittel %
12	28%	787 789	Ammonium-Sulfat	0,38900 0,36124	0,23995	5,32 4,33	4,83
12	18%	795 793	Hornmehl	0,19799 0,17996	0,02484	7,96 7,31	7,64
12	28%	667 665	Hornmehl	1,16353 1,14550	0,23995	32,98 32,34	32,66

Die Wirkung der organischen Substanz des Hornmehls tritt klar zu Tage. Der Verlust bei höchstem Wassergehalt in den mit Hornmehl gedüngten Töpfen ist derselbe wie beim Lehmboden Bei Ammoniumsulfatdüngung sind die Verluste geringer als die entsprechenden Verluste im Lehmboden und bei mittlerem Wassergehalt.

Bei einer Vergleichung der drei Böden finden wir, dass die Verluste im Lehmboden bei der Entbindung elementaren Stickstoffes am grössten und im Sandboden am kleinsten sind.

Tabelle 31.

Düngung	Wasser-gehalt	Stickstoff-Verlust %		
		Sandboden	Lehmboden	Tonboden
Ammonium-sulfat	mittel	0,00	7,83	0,00
	hoch	4,16	19,84	4,83
Hornmehl	mittel	4,37	7,09	5,86
	hoch	9,08	32,19	32,66

Ein wirklich bemerkenswerter Verlust an Stickstoff trat nur im Lehmboden bei dem höchsten Wassergehalt und bei beiden Düngungen ein, im Tonboden nur bei Zugabe von organischem Stickstoff und grösster Feuchtigkeit. In allen drei Böden wird aus organischem Stickstoff mehr entbunden als aus mineralischem.

Eine Stickstoffbindung war nirgends zu bemerken.

II. Teil.

Stickstoffumsetzungen bei Gegenwart organischer Substanz.

Zu diesen Versuchen wurden die gleichen drei Böden verwendet. Zunächst wurde der Wassergehalt der Böden bestimmt und dann die, der 7000 g trockener Erde entsprechende Menge frischer Erde berechnet. Die Gefässe waren dieselben wie im ersten Teil dieser Arbeit und wurden alle durch gut abgewaschene Steinchen wie zuvor auf dasselbe Gewicht gebracht.

Für jede Erde waren 12 Töpfe notwendig, und diese wurden auf folgende Weise gedüngt:

2 ohne Düngung ohne organische Substanz,
2 „ „ mit organischer „
2 mit Ammoniumsulfat ohne organische Substanz,
2 „ „ mit organischer „
2 „ Salpeter ohne organische Substanz
2 „ „ mit organischer „

Als organische Substanz wurde Rohrzucker benutzt, und zwar 25 g pro Topf = 25 g pro 7000 g trockner Erde.

Die Düngung von Ammoniumsulfat bestand in 13,333 g pro 7000 g trockner Erde oder 2,8 g Ammonstickstoff pro Topf, da das Ammoniumsulfat 21 % Stickstoff enthielt. Die Düngung mit Salpeter bei 16,17 % Stickstoff betrug 17,316 pro 7000 g trockener Erde oder 2,8 g Nitratstickstoff pro Topf.

Darauf wurde die berechnete Menge Erde abgewogen, in einer grossen Schüssel mit der nötigen Düngung gut gemischt und dann in den Topf gebracht. Die gewählten Feuchtigkeitsgrade waren die folgenden: für Sandboden 12 %, für Lehmboden 16 %, für Tonboden 18 %. Die Töpfe wurden zweimal wöchent-

lich gewogen und die geringen Wasserverluste ausgeglichen. In keinem Falle waren die Verluste gross.

Die Untersuchungen wurden zu Anfang der Versuche und nach 6 Wochen gemacht. Die Temperatur blieb während der Versuchsdauer ziemlich gleichmässig. In diesem Teil wurden die gleichen Bestimmungen ausgeführt wie in dem ersten, nämlich: Wasserlöslicher Ammoniakstickstoff, Gesamt-Ammoniakstickstoff, Salpeterstickstoff, Gesamt-Stickstoff. Die betreffenden Tabellen befinden sich am Ende der Arbeit, wobei auch der Betrag pro Topf berechnet ist. Die Ergebnisse auf den kleinen Tabellen in der Arbeit selbst sind aus den Zahlen dieser Hauptzusammenstellungen abgeleitet.

A. Nitratbildung.

Die Nitrifikationsmikroben sind ziemlich empfindlich gegen grosse Mengen löslicher organischer Substanzen, so dass diese die Nitrifikation hindern. Die Wirkung solcher Körper war sogar schon Mulder[1]) bekannt und seither haben Experimente von Frankland[2]), Waring ton[3]) und Winogradsky[4]) zu der gleichen Tatsache geführt. Munro[5]) zeigte, dass durch Hinzufügung irgend einer gärungsfähigen Substanz die Nitrifikation unterbrochen und statt deren die Denitrifikation eingetreten war. Im Boden selbst sind nur in seltenen Ausnahmefällen so grosse Mengen solcher Substanzen vorhanden, dass eine wirkliche Hemmung der Salpeterbildung darauf zurückgeführt werden könnte. Fischers Experimente zeigen, dass der Zusatz von organischer Substanz zu einer Düngung mit Ammoniumsulfat die Nitrifikation beschleunigt wird.

---

[1]) Die Chemie der Ackerkrume. Übers. v. G. Müller. Bd. 2, 1863. p. 199.

[2]) Philos. Transact. Roy. Soc. London, Bd. 181, 1890, p. 121.

[3]) Warington, l. c.

[4]) Zentralbl. f. Bakt. II. Abt. 5, 1889.

[5]) Chemic. News, 53, 1886, p. 307.

Meine Untersuchungen hatten folgendes Ergebnis:

1. Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Tabelle 32.

Boden	Wassergehalt	Topf No.	Düngung	Anfangs-Bestimmungen g pro Topf	Schluss-Bestimmungen g pro Topf	Mittel g	Abnahme g	Abnahme %
Sandboden	12%	710	Ammoniumsulfat	2,80000	0,41790	0,41685	2,38315	85,11
		783	ohne org. Subst.	2,80000	0,41580			
	12%	790	Ammoniumsulfat	2,80000	0,43190	0,43470	2,36530	84,47
		791	mit org. Subst.	2,80000	0,43750			
Lehmbod.	16%	794	Ammoniumsulfat	2,80000	0,08470	0,08435	2,71565	96,98
		311	ohne org. Subst.	2,80000	0,08400			
	16%	666	Ammoniumsulfat	2,80000	0,04480	0,04480	2,75520	98,40
		668	mit org. Subst.	2,80000	0,04480			
Tonboden	18%	481	Ammoniumsulfat	2,80000	0,00000	0,00000	2,80000	100,00
		490	ohne org. Subst.	2,80000	0,00000			
	18%	505	Ammoniumsulfat	2,80000	0,00000	0,00000	2,80000	100,00
		520	mit org. Subst.	2,80000	0,00000			

Ein Einfluss der organischen Substanz ist nicht zu konstatieren.

2. Gesamtammonstickstoff.

Im Lehmboden finden wir, dass der Ammoniakstickstoff schneller verschwunden ist bei Gegenwart von organischer Substanz. Im Tonboden ist er absolut verschwunden. Aus den Tabellen 32, 33 bemerken wir, dass die Gehaltabnahmen in wasserlöslichem Stickstoff grösser sind als die in dem Gesamtammonstickstoff. In der ersten Tabelle wurden die 2,8 g Ammoniumsulfat für noch wasserlöslich betrachtet, nachdem sie dem Boden zugesetzt worden waren, was aber in Wirklichkeit nicht zutrifft. Das Ammoniumsulfat wird von Zeolithen im Boden absorbiert und unlöslich, somit schwerer nitrifizierbar gemacht.

Tabelle 33.

Boden	Wassergehalt	Topf No.	Düngung	Anfangs-Bestimmungen g pro Topf	Schluss-Bestimmungen g pro Topf	Mittel g	Abnahme g	Abnahme %
Sandboden	12%	710	Ammoniumsulfat	2,80000	0,68880	0,68040	2,11960	75,70
		783	ohne org. Subst.	2,80000	0,67200			
	12%	790	Ammoniumsulfat	2,80000	0,64540	0,64260	2,15740	77,05
		791	mit org. Subst.	2,80000	0,63980			
Lehmbod.	16%	794	Ammoniumsulfat	2,80000	0,54600	0,54810	2,25190	80,42
		311	ohne org. Subst.	2,80000	0,55020			
	16%	666	Ammoniumsulfat	2,80000	0,10710	0,10710	2,69290	96,17
		668	mit org. Subst.	2,80000	0,10710			
Tonboden	18%	481	Ammoniumsulfat	2,80000	0,00000	0,00000	2,80000	100,00
		490	ohne org. Subst.	2,80000	0,00000			
	18%	505	Ammoniumsulfat	2,80000	0,00000	0,00000	2,80000	100,00
		520	mit org. Subst.	2,80000	0,00000			

3. Salpeterbildung.

Tabelle 34.

Boden	Wassergehalt	Topf No.	Düngung	Anfangs-Bestimmungen g pro Topf	Schluss-Bestimmungen g pro Topf	Mittel g	Zunahme g	Zunahme %
Sandboden	12%	710	Ammoniumsulfat	0,00000	1,62225	1,61070	1,61070	57,52
		783	ohne org. Subst.	0,00000	1,59915			
		790	Ammoniumsulfat	0,00000	1,43080	1,42450	1,42450	50,87
		791	mit org. Subst.	0,00000	1,41820			
Lehmbod.	16%	794	Ammoniumsulfat	0,00000	1,65655	1,62680	1,62680	58,10
		311	ohne org. Subst.	0,00000	1,59705			
		666	Ammoniumsulfat	0,00000	1,47980	1,48330	1,48330	52,97
		668	mit org. Subst.	0,00000	1,48680			
Tonboden	18%	481	Ammoniumsulfat	0,00000	1,96840	1,98590	1,98590	70,92
		490	ohne org. Subst.	0,00000	2,00340			
		505	Ammoniumsulfat	0,00000	1,72200	1,72550	1,72550	61,62
		520	mit org. Subst.	0,00000	1,72900			

Wenn wir die Zahlen betrachten, sehen wir, dass der Zusatz von organischer Substanz eine merkliche Wirkung auf die Sal-

peterbildung ausgeübt hat. Die grösste Umsetzung scheint im Tonboden vor sich gegangen zu sein. Die Differenzen zwischen dem gefundenen Salpeterstickstoff in den Böden ohne und mit organischer Substanz können einer stärkeren Ammon- und Salpeterassimilation oder der schädlichen Wirkung einer zu reichlichen Menge löslicher organischer Substanzen auf die Nitrifikationsmikroben zugeschrieben werden. Den Einfluss der einzelnen Prozesse können wir hier nicht feststellen.

Ein Vergleich der Abnahme von Ammonstickstoff und der Zunahme an Nitratstickstoff ist interessant.

Tabelle 35.

Boden	Düngung	Wassergehalt	% Ammonstickstoff verschwunden	% Nitratstickstoff entstanden	% Differenz
Sandboden	Ammoniumsulfat ohne org. Subst.	12%	75,70	57,52	18,18
	Ammoniumsulfat mit org. Subst.	12%	77,05	50,87	26,18
Lehmbod.	Ammoniumsulfat ohne org. Subst.	16%	80,42	58,10	22,32
	Ammoniumsulfat mit org. Subst.	16%	96,17	52,97	43,20
Tonboden	Ammoniumsulfat ohne org. Subst.	18%	100,00	70,92	29,08
	Ammoniumsulfat mit org. Subst.	18%	100,00	61,62	38,38

Im Sandboden ohne Zusatz von organischer Substanz sind nur 18% des zugesetzten Ammoniumsulfats nach 6 Wochen festgelegt worden, mit organischer Substanz hingegen 26%. Am stärksten ist die Wirkung des Zusatzes von organischer Substanz im Lehmboden, da die Festlegung mit Zucker doppelt so gross ist als ohne Zusatz. Im Tonboden sind die Beziehungen ungefähr dieselben wie die im Sandboden. Der Zusatz von organischer Substanz veranlasst lebhafteres Bakterien-Wachstum, wozu auch eine grössere Menge Stickstoff nötig ist. Es ist daher leicht erklärlich, dass der nicht organische Stickstoff bei

Gegenwart von gärungsfähigen Substanzen geringer ist als ohne solche. Es sei hier gleich bemerkt, dass in diesen Töpfen Stickstoff nicht verloren gegangen ist.

B. Eiweissbildung (Salpeterassimilation).

Dass der Salpeter unter gewissen Bedingungen für zahlreiche Mikroorganismen als brauchbare Stickstoffquelle dient, hat schon lange Zeit hindurch als feststehende Tatsache gegolten. Im Jahre 1872 stellte Lex [1]) fest, dass Bakterien die Fähigkeit haben, Nitratstickstoff unter intermediärer Bildung von Nitrit in organische Bindung überzuführen. Seither hat man zahlreiche Bakterien und Pilze untersucht und dieselbe Eigenschaft bei ihnen gefunden. Es ist auch festgestellt worden, dass viele ammonassimilierende Bakterien ebenfalls zur Aufnahme des Nitratstickstoffs befähigt sind. Bei einer Anzahl dieser Nitratassimilanten hat man auch die Fähigkeit bemerkt, freien Stickstoff selbst zu binden. Die Intensität der Salpeterassimilation hängt von der Menge der vorhandenen organischen Substanz, der Art der Substanz, der Temperatur und der Durchlüftung ab. Als beste Kohlenstoffquellen sind Substanzen nachgewiesen worden, wie z. B. Glycerin, Laktat, Traubenzucker, Rohrzucker etc. Ausgiebige Lüftung ist für eine rasche Salpeterassimilation wesentlich.

Aus den Resultaten der Versuche eines Tuxen [2]), Frank [3]) und anderer ersehen wir, dass die Salpeterassimilation in der Erde unter Umständen eine nicht unbedeutende Rolle spielen kann. Schneidewind und Krüger [4]) führten nach dieser Richtung hin zahlreiche Vegetationsversuche aus. Sie verglichen die Ernteergebnisse bei einer Düngung von Salpeter mit derselben unter Zusatz von Kot-Stroh oder anderen organischen Substanzen. Mit diesen Beigaben fanden sie, dass ein Ernteausfall und eine verminderte Stickstoffaufnahme seitens der Pflanzen stattgefunden hatte. Dies lässt sich durch die Tatsache erklären, dass durch die Hinzufügung von organischen Substanzen in reichlicher Menge eine grosse Zunahme der Bakterien veranlasst wird, die ihren

[1]) Zentralbl. f. d. medizin. Wissenschaften 10, 1872, p. 292.
[2]) l. c.
[3]) Botan. Ztg. **51**, 1893, I. Abt., p. 151 f.
[4]) Journ. f. Landw. 48, 1897, p. 187; Landw. Jahrb. **30**, 1901, p. 664.

Stickstoffbedarf auf Kosten des Salpeters beziehen und so wird der Stickstoff in Eiweissstickstoff verwandelt, der als solcher von den Pflanzen nicht aufgenommen werden kann.

Die Untersuchungen ergaben ferner, dass die Bodenfeuchtigkeit einen grossen Einfluss auf die Salpeterassimilation, also auch auf den Ernteausfall hat. Die Temperatur spielt bei der Salpeterassimilation und der Zersetzung ebenfalls eine grosse Rolle, wie Schneidewind und Krüger klar bewiesen.

Das Verhalten in den 3 Böden.

Betrachten wir zunächst die Böden ohne Salpeterzugabe bei Gegenwart von Kohlehydrat, so finden wir, dass der anfangs in den Erden vorhandene Nitratstickstoff nach 6 Wochen fast gänzlich verschwunden war. Wie die Gesamtstickstoff-Tabellen deutlich zeigen, konnte kein Stickstoff freigemacht worden sein. Die Zugabe von organischer Substanz hatte die Anzahl Bakterien derart vermehrt, dass zur Befriedigung ihres Stickstoffbedarfes der Salpeterstickstoff gebraucht wurde und folglich Assimilation stattgefunden hatte. Die Differenzen sind sehr deutlich und liegen ausser der Fehlergrenze. In den Böden ohne organischen Stickstoff schritt die Bildung von Salpeterstickstoff dagegen weiter.

Während also bei den Töpfen ohne organische Substanz in allen drei Erden der Salpeter ziemlich gleichmässig zugenommen hatte, verschwand derselbe bei Gegenwart von gärungsfähigen Kohlenstoffquellen und zwar zunehmend mit der Schwere der Böden.

Gehen wir nun zur Betrachtung der Fälle über, in denen 2,8 g Salpeterstickstoff pro Topf zugegeben wurde, so sehen wir, dass in allen 3 Böden eine Salpeterassimilation stattfand, auch da, wo keine organische Substanz zugesetzt war. Die folgende Tabelle gibt uns in Prozenten ausgedrückt an, wieviel von dem zugesetzten Salpeterstickstoff in den Böden mit und ohne Zugabe von organischer Substanz assimiliert und verloren gegangen waren. Die Verluste werden später betrachtet werden.

In den Böden ohne Zugabe von organischer Substanz finden wir, dass in dem Sandboden die grösste Menge vom Salpeterstickstoff verschwunden war. Eine Betrachtung der Gesamtstickstoff-Tabellen wird zeigen, dass kein Stickstoff freigemacht

Tabelle 36.

Salpeterassimilation.

Boden	Wassergehalt	Topf No.	Düngung	Zugegeb. Nitrat-N. g pro Topf	Gefund. Nitrat-N. minus in reiner Erde g pro Topf	Mittel g	Abnahme g	Abnahme %
Sandboden	12%	656	Salpeter ohne	2,80000	2,12835	2,13255	0,66745	23,83
		659	org. Subst.	2,80000	2,13675			
	12%	701	Salpeter mit	2,80000	1,94530	1,93410	0,86590	30,93
		711	org. Subst.	2,80000	1,92290			
Lehmbod.	16%	669	Salpeter ohne	2,80000	2,37475	2,39820	0,40180	14,35
		781	org Subst.	2,80000	2,42165			
	16%	550	Salpeter mit	2,80000	2,09580	2,10840	0,69160	24,70
		657	org. Subst.	2,80000	2,12100			
Tonboden	18%	535	Salpeter ohne	2,80000	2,34430	2.34710	0,45290	16,17
		448	org. Subst.	2,80000	2,34990			
	18%	452	Salpeter mit	2,80000	2,10020	2.09450	0,70550	25,19
		458	org. Subst.	2,80000	2,08800			

wurde und verloren ging. Die Böden waren in allen 3 Fällen nicht sehr reich an organischer Substanz, und doch war ein so grosser Prozentsatz an Salpeterstickstoff verschwunden. Hieraus können wir als höchstwahrscheinlich schliessen, dass in einer Düngung mit Salpeter bei Feldversuchen eine merkliche Menge des zugegebenen Salpeterstickstoffs gleichfalls assimiliert und einige Zeit hindurch für die Ernährung der Pflanzen nutzlos gemacht wird.

In den Böden, denen organische Substanz zugegeben wurde, finden wir den grössten Prozentsatz der Abnahme des Nitratstickstoffs wiederum im Sandboden. Eine Prüfung der Gesamtstickstoff-Tabellen wird in diesen beiden Fällen Stickstoffverluste nachweisen. Diese werden im nächsten Abschnitt betrachtet werden. Im Tonboden war die Assimilation am grössten und im Lehmboden am geringsten. Die Zahlen zeigen in allen drei Fällen, welchen mächtigen Einfluss die Anwesenheit grosser Mengen organischer Substanzen haben kann.

C. Entbindung von elementarem Stickstoff.

Eine Betrachtung der Gesamtstickstoff-Tabellen ergibt, dass im Sand- und im Lehmboden Stickstoffverluste überall da stattgefunden hatten, wo organische Substanz zugegeben worden war. Die kleinen Differenzen liegen alle ziemlich innerhalb der Fehlergrenze, die bereits in der ersten Abteilung angegeben wurde.

Tabelle 37.

Topf No.	Boden	Wassergehalt	Düngung	Differenz. ingedüngt. Boden g	Mittel-Diff. in rein. Bod. g	Verlust %	Mittel %
701 711	Sandboden	12	Salpeter und org. Subst.	0,29260 0,29820	0,02485	11,33 11,53	11,43
550 657	Lehmboden	16	Salpeter und org. Subst.	0,41170 0,45430	0,02205	13,91 15,43	14,67

Die obigen Zahlen zeigen, dass man im Lehmboden die grössten Verluste hat. Von den 3 Böden hatte er den grössten Prozentsatz an organischer Substanz und folglich musste die Zugabe von so viel mehr die grössten Wirkungen zeigen.

Wenn wir die Verluste von der Abnahme, die man in Tabelle 36 erhält, abziehen, so gelangen wir zu den festgelegten Salpeterstickstoffmengen.

Tabelle 38.

Boden	Düngung	% Abnahme in Nitratstickstoff Tabelle 36	% Verluste Tabelle 37	% festgelegt als Eiweiss
Sandboden	Salpeter ohne org. Subst.	23,83	0,00	23,83
	Salpeter mit org. Subst.	30,93	11,43	19,50
Lehmbod.	Salpeter ohne org. Subst.	14,35	0,00	14,35
	Salpeter mit org. Subst.	24,70	14,67	10,03
Tonboden	Salpeter ohne org. Subst.	16,17	0,00	16,17
	Salpeter mit org. Subst.	25,19	0,00	25,19

Da bei dem Tonboden kein Stickstoff verloren gegangen ist, wurde bei Gegenwart von Zucker mehr assimiliert als ohne Kohlehydrat. Infolge der Stickstoffverluste durch Entbindung trat nur beim Sand- und Lehmboden das Entgegengesetzte ein, d. h. die Assimilation von Stickstoff wurde bei Gegenwart von Zucker herabgesetzt. Beim Lehmboden trat diese Erscheinung so stark auf, dass mehr Stickstoff verloren ging als festgelegt wurde. Es ist nicht ausgeschlossen, dass bei einem höheren Wassergehalt des Tonbodens ebenfalls Stickstoffentbindung eingetreten wäre, da eine Wassermenge von 18 % im Tonboden wahrscheinlich eine geringere Wirkung ausübt als 16 % im Lehmboden.

Nun ist aber zu bemerken, dass bei den Ammoniumsulfatumsetzungen nirgends eine Stickstoffentbindung eingetreten ist, auch nicht im Sand- und Lehmboden. Die zugesetzten Salpetermengen (ca. 30 Ztr. pro Morgen) und Zucker (ca. 40 Ztr. pro Morgen) sind so erheblich, dass sie in der landwirtschaftlichen Praxis keine Anwendung finden. Nach allem (zu hoher Prozentsatz der Düngung und starke Salpeterbildung bei unseren Ammoniumsulfat-Versuchen) ist wohl ein Verlust von Stickstoff bei den in der Landwirtschaft gebräuchlichen Düngungsmengen nicht zu erwarten.

Ergebnisse.

Die Zersetzung des organischen Stickstoffs trat bei niederen Feuchtigkeitsgraden im Sandboden lebhafter ein als in den besseren Böden, während sich bei höherem Wassergehalt der Unterschied ziemlich ausglich.

Die Umsetzung des Ammonsulfates und die Bildung des Salpeters ging in allen 3 Böden um so schneller vor sich, je höher der Wassergehalt war. Die Erden selbst unterschieden sich insofern, als bei den besseren Böden eine bedeutend lebhaftere biochemische Tätigkeit eintrat, obschon bei dem niedrigsten Feuchtigkeitsgrade die Umsetzungen im Sandboden stärker einsetzten. Es zeigte sich während der ganzen Arbeit, dass die 6 % Feuchtigkeit des Sandbodens eine viel günstigere Bakterientätigkeit hervorrief als die 8 % Feuchtigkeit des Tonbodens. Beide Feuchtigkeitsmengen entsprechen sich also nicht. Zur Zeit des höchsten nachgewiesenen Salpetergehaltes, nach sechswöchentlicher Versuchsdauer waren die verschiedenen Stickstoffformen in folgendem Verhältnis vorhanden: Im Sandboden betrug der Salpetergehalt 60,07 % des hinzugefügten Ammonsulfates, von dem noch 28,51 % vorhanden, während 11,42 % festgelegt waren. Im Lehmboden wurden gefunden: 78,73 % Salpeter, 6,67 % Ammonsulfat, 6,77 % festgelegter und 7,83 % entbundener Stickstoff. Im Tonboden wurden gefunden: 78,17 % Salpeter, 5,48 % Ammonsulfat und 16,35 % festgelegter Stickstoff. Ein kleiner Stickstoffverlust war demnach nur beim Lehmboden eingetreten.

Der Sandboden vermochte bis zum Schluss des Versuches 97 %, der Lehm- und Tonboden sogar 100 % des zugefügten Ammonsulfates umzusetzen, die aber nicht, wie die vorhergehenden Zahlen zeigen, vollständig als Salpeter gefunden wurden.

Im Gegensatz zu den besseren Böden verlief die Salpeterbildung aus organischem Stickstoff im Sandboden anfangs schneller als Ammonsulfat. Der Verwesungsprozess ging bei der reichen Kohlenstoffquelle, welche den Organismen im Hornmehl geboten wurde, schnell vor sich und das gebildete kohlensaure Ammon

wurde hier rascher in Salpeter umgesetzt als das zugegebene Ammonsulfat, aus welchem bei der Nitrifikation freie Schwefelsäure gebildet wird, die im kalkarmen Sandboden besonders schädlich gewirkt haben mag.

Im allgemeinen lag die stärkste Salpeterbildung bei allen Böden zwischen der dritten und sechsten Woche nach Zugabe des Ammonsulfates, nur der Tonboden mit höchstem Feuchtigkeitsgrade zeigte die grösste Umsetzungsintensität bereits in den ersten drei Wochen.

Eine bemerkenswerte Stickstoffentbindung ohne Zugabe von organischer Substanz trat nur bei höchstem Wassergehalt ein. Beim Ammonsulfat zeigte sich ein Stickstoffverlust nur im Lehmboden mit 19,8 % des zugesetzten Ammonstickstoffs am Schlusse des Versuches, beim Hornmehl mit seiner reichen Kohlenstoffquelle trat bei den besseren Böden die Entbindung in höherem Masse ein, sehr schwach dagegen beim Sandboden. So verlor letzterer nur 9 % des zugefügten Hornmehlstickstoffs, gegen 32,2 % beim Lehm- und 32,7 % beim Tonboden.

Eine besonders starke Zugabe von organischer Substanz, wie sie in Form von Zucker stattfand, verringerte die löslichen Stickstoffverbindungen dermassen, dass für die Kulturpflanzen ein Stickstoffmangel eintreten kann. So verschwand der zugesetzte Ammonsulfatstickstoff in allen drei Böden bei Gegenwart von Zucker schneller als ohne Zugabe, aber der gebildete Salpeter nahm dementsprechend nicht zu. Der verschwundene Stickstoff war von den Bakterien aufgenommen worden.

Durch die Zugabe von organischer Substanz (Zucker) fiel der Salpetergehalt in der zweiten Versuchsreihe beim Sandboden von 57,52 auf 50,87, beim Lehmboden von 58,10 auf 52,97, beim Tonboden von 70,92 auf 61,62 %. Dementsprechend stieg der festgelegte und verschwundene Stickstoff durch die Zugabe von Zucker beim Sandboden von 18,18 auf 26,18, beim Lehmboden von 22,32 auf 43,20, beim Tonboden von 29,08 auf 38,38 %. Von diesen Stickstoffmengen waren da, wo organische Substanz zugegeben war, beim Sandboden 11,43, beim Lehmboden 14,67 % in Form von elementarem Stickstoff verloren gegangen, während ein solcher Verlust beim Tonboden nicht festgestellt wurde.

Haupttabellen.

I. Teil.

Tabelle 39.

Sandboden.

Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Gefäss No.	Düngung	Wassergehalt der Erde	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. % N.	II. Untersuchung 3. VI. % N.	III. Untersuchung 26. VI. % N.	IV. Untersuchung 8. VIII. % N.	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. g N. pro Gef.	II. Untersuchung 3. VI. g N. pro Gef.	III. Untersuchung 26. VI. g N. pro Gef.	IV. Untersuchung 8. VIII. g N. pro Gef.
448	Ohne	6 %	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
452			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
453		12 %	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
454			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
455		18 %	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
456			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
457	Ammonsulfat	6 %	0,04000	0,02409	0,01897	0,01209	2,80000	1,68630	1,32790	0,84630
458			0,04000	0,02422	0,01877	0,01216	2,80000	1,69540	1,31390	0,85120
459		12 %	0,04000	0,02170	0,00768	0,00000	2,80000	1,51900	0,53760	0,00000
460			0,04000	0,02173	0,00771	0,00000	2,80000	1,52110	0,53940	0,00000
462		18 %	0,04000	0,01887	0,00587	0,00000	2,80000	1,32090	0,41090	0,00000
463			0,04000	0,01849	0,00585	0,00000	2,80000	1,29430	0,40950	0,00000
464	Hornmehl	6 %	0,00112	0,00884	0,00638	0,00345	0,07849	0,61880	0,44660	0,24150
465			0,00112	0,00877	0,00639	0,00344	0,07849	0,61390	0,44730	0,24080
466		12 %	0,00112	0,00317	0,00000	0,00000	0,07849	0,22190	0,00000	0,00000
467			0,00112	0,00311	0,00000	0,00000	0,07849	0,21770	0,00000	0,00000
469		18 %	0,00112	0,00404	0,00000	0,00000	0,07849	0,28280	0,00000	0,00000
470			0,00112	0,00431	0,00000	0,00000	0,07849	0,30170	0,00000	0,00000

Tabelle 40.

Sandboden.

Gesamtammonstickstoff.

Gefäss No.	Düngung	Wassergehalt der Erde	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. % N.	II. Untersuchung 3. VI. % N.	III. Untersuchung 26. VI. % N.	IV. Untersuchung 8. VIII. % N.	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. g N. pro Gef.	II. Untersuchung 3. VI. g N. pro Gef.	III. Untersuchung 26. VI. g N. pro Gef.	IV. Untersuchung 8. VIII. g N. pro Gef.
448	Ohne	6 %	0,00057	0,00092	0,00000	0,00000	0,03990	0,06440	0,00000	0,00000
452			0,00057	0,00092	0,00000	0,00000	0,03990	0,06440	0,00000	0,00000
453		12 %	0,00057	0,00072	0,00126	0,00000	0,03990	0,05040	0,08820	0,00000
454			0,00057	0,00072	0,00127	0,00000	0,03990	0,05040	0,08890	0,00000
455		18 %	0,00057	0,00051	0,00131	0,00000	0,03990	0,03570	0,09170	0,00000
456			0,00057	0,00051	0,00133	0,00000	0,03990	0,03570	0,09310	0,00000
457	Ammonsulfat	6 %	0,04057	0,03671	0,02727	0,02019	2,83990	2,56970	1,90890	1,41330
458			0,04057	0,03707	0,02733	0,02019	2,83990	2,59490	1,91310	1,41330
459		12 %	0,04057	0,03484	0,01269	0,00173	2,83990	2,43880	0,88830	0,12110
460			0,04057	0,03432	0,01265	0,00172	2,83990	2,40240	0,88550	0,12040
462		18 %	0,04057	0,02897	0,00993	0,00125	2,83990	2,02790	0,69510	0,08750
463			0,04057	0,02836	0,01015	0,00124	2,83990	1,98520	0,71050	0,08680
464	Hornmehl	6 %	0,00194	0,01624	0,01041	0,00799	0,13557	1,13680	0,72870	0,55930
465			0,00194	0,01604	0,00941	0,00802	0,13557	1,12280	0,65870	0,56140
466		12 %	0,00194	0,00700	0,00101	0,00074	0,13557	0,49000	0,07070	0,05180
467			0,00194	0,00681	0,00099	0,00074	0,13557	0,47670	0,06930	0,05180
469		18 %	0,00194	0,00823	0,00097	0,00000	0,13557	0,57610	0,06790	0,00000
470			0,00194	0,00812	0,00091	0,00000	0,13557	0,56840	0,06370	0,00000

Tabelle 41.

Sandboden.

Salpeterstickstoff.

Gefäss No.	Düngung	Wassergehalt der Erde	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. % N.	II. Untersuchung 3. VI. % N.	III. Untersuchung 26. VI. % N.	IV. Untersuchung 8. VIII. % N.	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. g N. pro Gef.	II. Untersuchung 3. VI. g N. pro Gef.	III. Untersuchung 26. VI. g N. pro Gef.	IV. Untersuchung 8. VIII. g N. pro Gef.
448	Ohne	6 %	0,00103	0,00126	0,00154	0,00172	0,07210	0,08820	0,10780	0,12040
452			0,00103	0,00133	0,00167	0,00173	0,07210	0,09310	0,11690	0,12110
453		12 %	0,00103	0,00132	0,00151	0,00220	0,07210	0,09240	0,10570	0,15400
454			0,00103	0,00122	0,00146	0,00221	0,07210	0,08540	0,10290	0,15470
455		18 %	0,00103	0,00112	0,00181	0,00209	0,07210	0,07840	0,12670	0,14630
456			0,00103	0,00118	0,00202	0,00212	0,07210	0,08260	0,14140	0,14840
457	Ammonsulfat	6 %	0,00103	0,00270	0,01197	0,01789	0,07210	0,18900	0,83790	1,25230
458			0,00103	0,00270	0,01117	0,01800	0,07210	0,18900	0,78190	1,26000
459		12 %	0,00103	0,00503	0,02563	0,02483	0,07210	0,35210	1,79410	1,73810
460			0,00103	0,00516	0,02541	0,02472	0,07210	0,36120	1,77873	1,73040
462		18 %	0,00103	0,00842	0,02288	0,02352	0,07210	0,58940	1,60160	1,64640
463			0,00103	0,00826	0,02234	0,02336	0,07210	0,57820	1,56380	1,63520
464	Hornmehl	6 %	0,00190	0,00558	0,01750	0,01919	0,13300	0,39060	1,22500	1,34330
465			0,00190	0,00550	0,01799	0,01936	0,13300	0,40500	1,18930	1,35520
466		12 %	0,00190	0,01377	0,02134	0,02482	0,13300	0,96390	1,49380	1,73740
467			0,00190	0,01369	0,02185	0,02479	0,13300	0,95830	1,52950	1,73530
469		18 %	0,00190	0,01114	0,02103	0,02468	0,13300	0,77980	1,47210	1,72760
470			0,00190	0,00999	0,02070	0,02429	0,13300	0,69930	1,45390	1,70030

Tabelle
Sand-
Gesamt-

Gefäss No.	Düngung	Wasser-gehalt der Erde	Mittel der Anfangsbe-stimmungen % N.	II. Untersuchung		III. Unter-
				Einzeln % N.	Mittel % N.	Einzeln % N.
448^{a}_{b}	Ohne	6 %	0,09148	0,09120 0,09121	0,09121	0,09041 0,09047
452^{a}_{b}			0,09148	0,09126 0,09138	0,09127	0,09098 0,09094
453^{a}_{b}		12 %	0,09148	0,09110 0,09134	0,09122	0,09049 0,09100
454^{a}_{b}			0,09148	0,09141 0,09141	0,09141	0,09042 0,09055
455^{a}_{b}		18 %	0,09148	0,09141 0,09141	0,09141	0,09023 0,09028
456^{a}_{b}			0,09148	0,09140 0,09140	0,09140	0,09033 0,09024
457^{a}_{b}	Ammonsulfat	6 %	0,13148	0,13087 0,13096	0,13092	0,13032 0,13049
458^{a}_{b}			0,13148	0,13089 0,13078	0,13084	0,12991 0,13050
459^{a}_{b}		12 %	0,13148	0,13136 0,13082	0,13109	0,12969 0,13040
460^{a}_{b}			0,13148	0,13091 0,13091	0,13091	0,12961 0,13020
462^{a}_{b}		18 %	0,13148	0,13087 0,13096	0,13091	0,12868 0,12847
463^{a}_{b}			0,13148	0,13150 0,13156	0,13053	0,12883 0,12845
464^{a}_{b}	Hornmehl	6 %	0,13148	0,13091 0,13098	0,13090	0,12993 0,13038
465^{a}_{b}			0,13148	0,13091 0,13094	0,13093	0,12969 0,12877
466^{a}_{b}		12 %	0,13148	0,13083 0,13098	0,13091	0,12900 0,12931
467^{a}_{b}			0,13148	0,13142 0,13143	0,13043	0,12901 0,12815
469^{a}_{b}		18 %	0,13148	0,13100 0,13155	0,13128	0,12663 0,12662
470^{a}_{b}			0,13148	0,13152 0,13152	0,13152	0,12648 0,12680

42.

boden.

Stickstoff.

suchung	I. Untersuchung	II. Untersuchung	III. Untersuchung	Zu- oder Abnahme	
Mittel % N.	g N. pro Topf	g N. pro Topf	g N. pro Topf	II. Untersuchung g N. pro Topf	III. Untersuchung g N. pro Topf
0,09044	6,40360	6,38470	6,33080	— 0,01890	— 0,07280
0,09097	6,40360	6,38890	6,36790	— 0,01470	— 0,03570
0,09075	6,40360	6,38540	6,35250	— 0,01820	— 0,05110
0,09049	6,40360	6,39870	6,33430	— 0,00490	— 0,06930
0,09026	6,40360	6,39870	6,31820	— 0,00490	— 0,08540
0,09029	6,40360	6,39800	6,32030	— 0,00560	— 0,08330
0,13041	9,20360	9,16440	9,12870	— 0,03920	— 0,07490
0,13022	9,20360	9,15880	9,11540	— 0,04480	— 0,08820
0,13005	9,20360	9,17630	9,10350	— 0,02730	— 0,10010
0,12991	9,20360	9,16370	9,09370	— 0,03990	— 0,10990
0,12857	9,20360	9,16370	9,00030	— 0,03990	— 0,20330
0,12864	9,20360	9,13710	9,00480	— 0,06650	— 0,19880
0,13016	9,20360	9,16300	9,11120	— 0,04060	— 0,09240
0,12923	9,20360	9,16510	9,04610	— 0,03850	— 0,15750
0,12916	9,20360	9,16370	9,04120	— 0,03990	— 0,16240
0,12858	9,20360	9,13010	9,00060	— 0,07350	— 0,20300
0,12663	9,20360	9,18960	8,86410	— 0,01400	— 0,33950
0,12664	9,20360	9,20640	8,86540	+ 0,00280	— 0,33825

Tabelle 43.

Lehmboden.

Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Gefäss No.	Düngung	Wassergehalt der Erde	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. % N.	II. Untersuchung 3. VI. % N.	III. Untersuchung 26. VI. % N.	IV. Untersuchung 8. VIII. % N.	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. g N. pro Gef.	II. Untersuchung 3. VI. g N. pro Gef.	III. Untersuchung 26. VI. g N. pro Gef.	IV. Untersuchung 8. VIII. g N. pro Gef.
481	Ohne	8 %	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
482			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
483		16 %	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
484			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
485		24 %	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
486			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
489	Ammonsulfat	8 %	0,03913	0,00851	0,00797	0,00554	2,80000	0,60889	0,57025	0,39638
490			0,03913	0,00859	0,00806	0,00564	2,80000	0,61461	0,57669	0,40354
491		16 %	0,03913	0,00667	0,00000	0,00000	2,80000	0,47724	0,00000	0,00000
492			0,03913	0,00686	0,00000	0,00000	2,80000	0,49083	0,00000	0,00000
703		24 %	0,03913	0,00401	0,00000	0,00000	2,80000	0,28692	0,00000	0,00000
788			0,03913	0,00401	0,00000	0,00000	2,80000	0,28692	0,00000	0,00000
794	Hornmehl	8 %	0,00110	0,00143	0,00317	0,00281	0,07849	0,10232	0,22681	0,20106
701			0,00110	0,00154	0,00341	0,00317	0,07849	0,11019	0,24398	0,22681
702		16 %	0,00110	0,00255	0,00000	0,00000	0,07849	0,18245	0,00000	0,00000
705			0,00110	0,00269	0,00000	0,00000	0,07849	0,19247	0,00000	0,00000
706		24 %	0,00110	0,00121	0,00000	0,00000	0,07849	0,08657	0,00000	0,00000
707			0,00110	0,00115	0,00000	0,00000	0,07849	0,08228	0,00000	0,00000

Tabelle 44.

Lehmboden.

Gesamtammonstickstoff.

Gefäss No.	Düngung	Wassergehalt der Erde	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. % N.	II. Untersuchung 3. VI. % N.	III. Untersuchung 26. VI. % N.	IV. Untersuchung 8. VIII. % N.	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. g N. pro Gef.	II. Untersuchung 3. VI. g N. pro Gef.	III. Untersuchung 26. VI. g N. pro Gef.	IV. Untersuchung 8. VIII. g N. pro Gef.
481	Ohne	8 %	0,00119	0,00117	0,00000	0,00000	0,08514	0,08370	0,00000	0,00000
482			0,00119	0,00117	0,00000	0,00000	0,08514	0,08370	0,00000	0,00000
483		16 %	0,00119	0,00099	0,00122	0,00000	0,08514	0,07083	0,08729	0,00000
484			0,00119	0,00111	0,00120	0,00000	0,08514	0,07942	0,08586	0,00000
485		24 %	0,00119	0,00079	0,00116	0,00000	0,08514	0,05652	0,08299	0,00000
486			0,00119	0,00073	0,00118	0,00000	0,08514	0,05223	0,08443	0,00000
489	Ammonsulfat	8 %	0,04032	0,03481	0,03089	0,02471	2,88514	2,49065	2,21018	1,76800
490			0,04032	0,03467	0,03150	0,02469	2,88514	2,48064	2,25382	1,76657
491		16 %	0,04032	0,03057	0,00390	0,00052	2,88514	2,18782	0,27904	0,03721
492			0,04032	0,03132	0,00374	0,00052	2,88514	2,24095	0,26759	0,03721
703		24 %	0,04032	0,02053	0,00205	0,00000	2,88514	1,46892	0,14668	0,00000
788			0,04032	0,02036	0,00174	0,00000	2,88514	1,45676	0,12450	0,00000
794	Hornmehl	8 %	0,00256	0,00961	0,01608	0,01480	0,18081	0,68759	1,15052	1,05894
701			0,00256	0,00938	0,01710	0,01503	0,18081	0,67114	1,22357	1,07539
702		16 %	0,00256	0,01561	0,00295	0,00078	0,18081	1,11689	0,21107	0,05581
705			0,00256	0,01582	0,00266	0,00077	0,18081	1,13192	0,19032	0,05509
706		24 %	0,00256	0,00818	0,00118	0,00000	0,18081	0,58528	0,08443	0,00000
707			0,00256	0,00791	0,00117	0,00000	0,18081	0,56596	0,08371	0,00000

Tabelle 45.

Lehmboden.

Salpeterstickstoff.

Gefäss No.	Düngung	Wassergehalt der Erde	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. % N.	II. Untersuchung 3. VI. % N.	III. Untersuchung 26. VI. % N.	IV. Untersuchung 8. VIII. % N.	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. g N. pro Gef.	II. Untersuchung 3. VI. g N. pro Gef.	III. Untersuchung 26. VI. g N. pro Gef.	IV. Untersuchung 8. VIII. g N. pro Gef.
481	Ohne	8 %	0,00657	0,00688	0,00683	0,00743	0,47008	0,49226	0,48869	0,53162
482			0,00657	0,00674	0,00706	0,00743	0,47008	0,48225	0,80514	0,53162
483		16 %	0,00657	0,00656	0,00665	0,00719	0,47008	0,46937	0,47581	0,51444
484			0,00657	0,00659	0,00653	0,00717	0,47008	0,47151	0,46722	0,51301
485		24 %	0,00657	0,00596	0,00562	0,00595	0,47008	0,42644	0,40211	0,42572
486			0,00657	0,00638	0,00608	0,00605	0,47008	0,45649	0,43502	0,43287
489	Ammonsulfat	8 %	0,00657	0,00709	0,00919	0,01612	0,47008	0,50729	0,65754	1,15334
490			0,00657	0,00691	0,00891	0,01599	0,47008	0,49441	0,63751	1,14408
491		16 %	0,00657	0,01100	0,03777	0,03625	0,47008	0,78705	2,70244	2,59369
492			0,00657	0,01096	0,03703	0,03575	0,47008	0,78419	2,64950	2,55791
703		24 %	0,00657	0,01811	0,03530	0,03009	0,47008	1,29577	2,52572	2,15294
788			0,00657	0,01818	0,03500	0,02988	0,47008	1,30078	2,50320	2,13791
794	Hornmehl	8 %	0,00742	0,00742	0,00877	0,01327	0,53098	0,53090	0,62749	0,94946
701			0,00742	0,00753	0,00902	0,01327	0,53098	0,53877	0,64538	0,94946
702		16 %	0,00742	0,01103	0,03000	0,02871	0,53098	0,78920	2,14650	2,05420
705			0,00742	0,01103	0,02983	0,02860	0,53098	0,78920	2,13433	2,04633
706		24 %	0,00742	0,01604	0,02871	0,02163	0,53098	1,14766	1,83955	1,54763
707			0,00742	0,01591	0,02568	0,02194	0,53098	1,13836	1,83740	1,56981

Tabelle 46.

Lehmboden.

Gesamtstickstoff.

Gefäss No.	Düngung	Wassergehalt der Erde	Mittel der Anfangsbestimmungen % N.	II. Untersuchung Einzeln % N.	II. Untersuchung Mittel % N.	III. Untersuchung Einzeln % N.	III. Untersuchung Mittel % N.	I. Untersuchung g N. pro Topf	II. Untersuchung g N. pro Topf	III. Untersuchung g N. pro Topf	Zu- oder Abnahme II. Untersuchung g N. pro Topf	Zu- oder Abnahme III. Untersuchung g N. pro Topf
481 a	Ohne	8 %	0,15977	0,15962	0,15962	0,16005	0,16004	11,43154	11,42081	11,45086	— 0,01073	+ 0,01932
b				0,15962		0,16003						
482 a			0,15977	0,15959	0,15965	0,15993	0,15978	11,43154	11,42296	11,43226	— 0,00858	+ 0,00072
b				0,15971		0,15962						
483 a		16 %	0,15977	0,15954	0,15962	0,15831	0,15835	11,43154	11,42081	11,32994	— 0,01073	— 0,10160
b				0,15970		0,15838						
484 a			0,15977	0,15962	0,15966	0,15837	0,15840	11,43154	11,42367	11,33352	— 0,00787	— 0,09802
b				0,15971		0,15843						
485 a		24 %	0,15977	0,15971	0,15965	0,15479	0,15464	11,43154	11,42296	11,06449	— 0,00858	— 0,36705
b				0,15962		0,15448						
486 a			0,15977	0,15971	0,15971	0,15460	0,15476	11,43154	11,42725	11,07308	— 0,00429	— 0,35846
b				0,15971		0,15491						
489 a	Ammonsulfat	8 %	0,19890	0,19826	0,19831	0,19757	0,19755	14,23154	14,18908	14,13470	— 0,04246	— 0,09684
b				0,19836		0,19753						
490 a			0,19890	0,19832	0,19831	0,19843	0,19857	14,23154	14,18908	14,20768	— 0,04246	— 0,02386
b				0,19830		0,19841						
491 a		16 %	0,19890	0,19836	0,19833	0,19428	0,19414	14,23154	14,19051	13,89072	— 0,04103	— 0,34082
b				0,19830		0,19404						
492 a			0,19890	0,19856	0,19856	0,19465	0,19475	14,23154	14,20697	13,93436	— 0,02457	— 0,29718
b				0,19856		0,19485						
703 a		24 %	0 19890	0,19805	0,19818	0,18670	0,18620	14,23154	14,17978	13,32261	— 0,05176	— 0,90893
b				0,19832		0,18549						
788 a			0,19890	0,19832	0,19829	0,18555	0,18594	14,23154	14,18765	13,30401	— 0,04389	— 0,92753
b				0,19825		0,18632						
794 a	Hornmehl	8 %	0,19890	0,19822	0,19815	0,19770	0,19736	14,23154	14,17763	14,12111	— 0,05391	— 0,11043
b				0,19809		0,19701						
701 a			0,19890	0,19882	0,19877	0,19751	0,19735	14,23154	14,22199	14,12039	— 0,00955	— 0,11115
b				0,19862		0,19719						
702 a		16 %	0,19890	0,19849	0,19849	0,19450	0,19465	14 23154	14,20196	13,92721	— 0,02958	— 0,30433
b				0,19849		0,19481						
705 a			0,19890	0,19830	0,19831	0,19490	0,19482	14,23154	14,18908	13,93937	— 0,04246	— 0,29217
b				0,19832		0,19474						
706 a		24 %	0,19890	0,19824	0,19820	0,18143	0,18127	14,23154	14,18121	12,96987	— 0,05033	— 1,26167
b				0,19815		0,18110						
707 a			0,19890	0,19800	0,19805	0,18156	0,18120	14,23154	14,17048	12,96486	— 0,06106	— 1,26668
b				0,19810		0,18083						

Tabelle 47.

Tonboden.

Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Gefäss No.	Düngung	Wassergehalt der Erde	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. % N.	II. Untersuchung 3. VI. % N.	III. Untersuchung 26. VI. % N.	IV. Untersuchung 8. VIII. % N.	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. g N. pro Gef.	II. Untersuchung 3. VI. g N. pro Gef.	III. Untersuchung 26. VI. g N. pro Gef.	IV. Untersuchung 8. VIII. g N. pro Gef.
710	Ohne	8 %	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
711			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
712		18 %	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
713			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
777		28 %	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
780			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
781	Ammonsulfat	8 %	0,03938	0,00547	0,00512	0,00334	2,80000	0,38892	0,36403	0,23747
783			0,03938	0,00550	0,00507	0,00334	2,80000	0,39105	0,36048	0,23747
785		18 %	0,03938	0,00348	0,00000	0,00000	2,80000	0,24743	0,00000	0,00000
786			0,03938	0,00357	0,00000	0,00000	2,80000	0,23961	0,00000	0,00000
787		28 %	0,03938	0,00014	0,00000	0,00000	2,80000	0,00995	0,00000	0,00000
789			0,03938	0,00014	0,00000	0,00000	2,80000	0,00995	0,00000	0,00000
790	Hornmehl	8 %	0,00110	0,00012	0,00098	0,00072	0,07849	0,00853	0,06968	0,05119
791			0,00110	0,00014	0,00110	0,00071	0,07849	0,00995	0,07821	0,05048
793		18 %	0,00110	0,00089	0,00000	0,00000	0,07849	0,06328	0,00000	0,00000
795			0,00110	0,00090	0,00000	0,00000	0,07849	0,06399	0,00000	0,00000
667		28 %	0,00110	0,00000	0,00000	0,00000	0,07849	0,00000	0,00000	0,00000
665			0,00110	0,00000	0,00000	0,00000	0,07849	0,00000	0,00000	0,00000

Tabelle 48.

Tonboden.

Gesamtammonstickstoff.

Gefäss No.	Düngung	Wassergehalt der Erde	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. % N.	II. Untersuchung 3. VI. % N.	III. Untersuchung 26. VI. % N.	IV. Untersuchung 8. VIII. % N.	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. g N. pro Gef.	II. Untersuchung 3. VI. g N. pro Gef.	III. Untersuchung 26. VI. g N. pro Gef.	IV. Untersuchung 8. VIII. g N. pro Gef.
710	Ohne	8 %	0,00074	0,00118	0,00073	0,00000	0,05261	0,08389	0,05190	0,00000
711			0,00074	0,00118	0,00073	0,00000	0,05261	0,08389	0,05190	0,00000
712		18 %	0,00074	0,00134	0,00054	0,00000	0,05261	0,09527	0,03839	0,00000
713			0,00074	0,00139	0,00054	0,00000	0,05261	0,09883	0,03839	0,00000
777		28 %	0,00074	0,00054	0,00093	0,00000	0,05261	0,03839	0,06612	0,00000
780			0,00074	0,00053	0,00092	0,00000	0,05261	0,03768	0,06612	0,00000
781	Ammonsulfat	8 %	0,04011	0,03133	0,02928	0,02364	2,85261	2,22276	2,08181	1,68080
783			0,04011	0,03128	0,02934	0,02367	2,85261	2,22401	2,08607	1,68294
785		18 %	0,04012	0,02020	0,00270	0,00000	2,85261	1,43622	0,19190	0,00000
786			0,04012	0,02134	0,00270	0,00000	2,85261	1,51727	0,19190	0,00000
787		28 %	0,04012	0,00143	0,00128	0,00000	2,85261	0,10167	0,09101	0,00000
789			0,04012	0,00191	0,00128	0,00000	2,85261	0,13580	0,09101	0,00000
790	Hornmehl	8 %	0,00209	0,00234	0,00368	0,00644	0,14831	0,16637	0,26155	0,45788
791			0,00209	0,00234	0,00366	0,00620	0,14831	0,16637	0,26023	0,44082
793		18 %	0,00209	0,00660	0,00027	0,00000	0,14831	0,46926	0,01919	0,00000
795			0,00209	0,00660	0,00027	0,00000	0,14831	0,46926	0,01919	0,00000
667		28 %	0,00209	0,00082	0,00216	0,00000	0,14831	0,05830	0,15358	0,00000
665			0,00209	0,00094	0,00183	0,00000	0,14831	0,06683	0,13011	0,00000

Tabelle 49.

Tonboden.

Salpeterstickstoff.

Gefäss No.	Düngung	Wassergehalt der Erde	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. % N.	II. Untersuchung 3. VI. % N.	III. Untersuchung 26. VI. % N.	IV. Untersuchung 8. VIII. % N.	I. Anfangs-Untersuchung 13. V. g N. pro Gef.	II. Untersuchung 3. VI. g N. pro Gef.	III. Untersuchung 26. VI. g N. pro Gef.	IV. Untersuchung 8. VIII. g N. pro Gef.
710	Ohne	8 %	0,00152	0,00142	0,00208	0,00229	0,10807	0,10096	0,14789	0,16282
711			0,00152	0,00142	0,00208	0,00229	0,10807	0,10096	0,14789	0,16282
712		18 %	0,00152	0,00167	0,00189	0,00330	0,10807	0,11874	0,13438	0,23463
713			0,00152	0,00155	0,00205	0,00331	0,10807	0,11021	0,14576	0,23534
777		28 %	0,00152	0,00177	0,00186	0,00363	0,10807	0,12585	0,13225	0,25809
780			0,00152	0,00185	0,00171	0,00376	0,10807	0,13154	0,12158	0,26733
781	Ammonsulfat	8 %	0,00152	0,00142	0,00299	0,00608	0,10807	0,10096	0,21259	0,43229
783			0,00152	0,00142	0,00275	0,00621	0,10807	0,10096	0,19553	0,44153
785		18 %	0,00152	0,01220	0,03251	0,03057	0,10807	0,86742	2,31146	2,17353
786			0,00152	0,01128	0,03300	0,03041	0,10807	0,80201	2,34630	2,16215
787		28 %	0,00152	0,03070	0,02774	0,02642	0,10807	2,18277	1,97231	1,87846
789			0,00152	0,02968	0,02765	0,02568	0,10807	2,11025	1,96600	1,82585
790	Hornmehl	8 %	0,00238	0,00252	0,00259	0,00394	0,16897	0,17917	0,18415	0,28013
791			0,00238	0,00252	0,00258	0,00387	0,16897	0,17917	0,18343	0,27516
793		18 %	0,00238	0,00968	0,02485	0,02536	0,16897	0,68825	1,76684	1,80310
795			0,00238	0,00962	0,02491	0,02524	0,16897	0,68398	1,77110	1,79460
667		28 %	0,00238	0,01696	0,01759	0,01374	0,16897	1,20583	1,25065	0,97691
665			0,00238	0,01677	0,01757	0,01401	0,16897	1,19235	1,24923	0,99611

Tabelle

Ton-

Gesamt-

Gefäss No.	Düngung	Wassergehalt der Erde	Mittel der Anfangsbestimmungen % N.	II. Untersuchung		III. Unter-
				Einzeln % N.	Mittel % N.	Einzeln % N.
710^{a}_{b}	Ohne	8 %	0,17223	0,17214 0,17214	0,17214	0,17164 0,17173
711^{a}_{b}			0,17223	0,17285 0,17285	0,17285	0,17199 0,17190
712^{a}_{b}		18 %	0,17223	0,17275 0,17263	0,17269	0,17271 0,17289
713^{a}_{b}			0,17223	0,17209 0,17218	0,17214	0,17221 0,17250
777^{a}_{b}		28 %	0,17223	0,17246 0,17246	0,17246	0,16927 0,16927
780^{a}_{b}			0,17223	0,17226 0,17273	0,17250	0,16843 0,16845
781^{a}_{b}	Ammonsulfat	8 %	0,21161	0,21163 0,21164	0,21164	0,21278 0,21300
783^{a}_{b}			0,21161	0,21136 0,21147	0,21142	0,21266 0,21311
785^{a}_{b}		18 %	0,21161	0,21148 0,21135	0,21142	0,21141 0,21120
786^{a}_{b}			0,21161	0,21214 0,21139	0,21176	0,21159 0,21188
787^{a}_{b}		28 %	0,21161	0,21214 0,21141	0,21178	0,20609 0,20618
789^{a}_{b}			0,21161	0,21146 0,21129	0,21138	0,20665 0,20639
790^{a}_{b}	Hornmehl	8 %	0,21161	0,21163 0,21145	0,21154	0,21183 0,21186
791^{a}_{b}			0.21161	0,21201 0,21172	0,21186	0,21171 0,21246
793^{a}_{b}		18 %	0,21161	0,21155 0,21173	0.21164	0.20811 0,20924
795^{a}_{b}			0,21161	0,21118 0,21118	0,21118	0,20880 0,20884
667^{a}_{b}		28 %	0,21161	0,21148 0,21147	0,21148	0,19489 0,19559
665^{a}_{b}			0,21161	0,21148 0,21172	0,21160	0,19546 0,19553

50.

boden.

Stickstoff.

suchung	I. Untersuchung	II. Untersuchung	III. Untersuchung	Zu- oder Abnahme	
Mittel % N.	g N. pro Topf	g N. pro Topf	g N. pro Topf	II. Untersuchung g N. pro Topf	III. Untersuchung g N. pro Topf
0,17169	12,24555	12,23915	12,20716	— 0,00640	— 0,03839
0,17195	12,24555	12,28964	12,22565	+ 0,04409	— 0,01990
0,17280	12,24555	12,27826	18,28608	+ 0,03271	+ 0,04053
0,17236	12,24555	12,23915	12,25479	— 0,00640	+ 0,00924
0,16927	12,24555	12,26191	12,03510	+ 0,01636	— 0,21045
0,16844	12,24555	12,26475	11,97610	+ 0,01920	— 0,26945
0,21289	15,04555	15,04760	15,13648	+ 0,00205	+ 0,09093
0,21289	15,04555	15,03196	15,13648	— 0,01359	+ 0,09093
0,21131	15,04555	15,03196	15,02414	— 0,01359	— 0,02141
0,21174	15,04555	15,05614	15,05471	+ 0,01059	+ 0,00916
0,20614	15,04555	15,05756	14,65655	+ 0,01201	— 0,38900
0,20652	15,04555	15,02912	14,68431	— 0,01643	— 0,36124
0,21185	15,04555	15,04049	15,06254	— 0,00506	+ 0,01699
0,21209	15,04555	15,06325	15,07960	+ 0,01770	+ 0,03405
0,20908	15,04555	15,04760	14,86559	+ 0,00205	— 0,17996
0,20882	15,04555	15,01490	14,86756	— 0,03065	— 0,19799
0,19524	15,04555	15,03623	13,88202	0,00932	— 0,16353
0,19550	15,04555	15,04476	13,90005	— 0,00079	— 1,14550

II. Teil.

Tabelle 51.

Sandboden.

Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Gefäss No.	Düngung	Wassergehalt	Anfangs-untersuchung 3. IX. % N.	Schluss-untersuchung 16. X. % N.	Anfangs-untersuchung g N.p.Topf	Schluss-untersuchung g N.p.Topf
660	Ohne Stickstoff	12%	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
664	ohne org. Subst.		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
708	Ohne Stickstoff	12%	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
709	mit org. Subst.		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
710	Ammoniumsulfat	12%	0,04000	0,00597	2,80000	0,41790
783	ohne org. Subst.		0,04000	0,00594	2,80000	0,41580
790	Ammoniumsulfat	12%	0,04000	0,00617	2,80000	0,43190
791	mit org. Subst.		0,04000	0,00625	2,80000	0,43750
656	Salpeter	12%	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
659	ohne org. Subst.		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
701	Salpeter	12%	0,00000	0,00074	0,00000	0,05180
711	mit org. Subst.		0,00000	0,00081	0,00000	0,05670

Tabelle 52.

Sandboden.

Gesamtammonstickstoff.

Gefäss No.	Wassergehalt	Düngung	Anfangs-untersuchung 3. IX. % N.	Schluss-untersuchung 16. X. % N.	Anfangs-untersuchung g N.p.Topf	Schluss-untersuchung g N.p.Topf
660	12%	Ohne Stickstoff	0,00185	0,00000	0,12950	0,00000
664		ohne org. Substanz	0,00185	0,00000	0,12950	0,00000
708	12%	Ohne Stickstoff	0,00185	0,00049	0,12950	0,03430
709		mit org. Substanz	0,00185	0,00049	0,12950	0,03430
710	12%	Ammoniumsulfat	0,04185	0,00984	2,92950	0,68880
783		ohne org. Substanz	0,04185	0,00960	2,92950	0,67200
790	12%	Ammoniumsulfat	0,04185	0,00971	2,92950	0,67970
791		mit org. Substanz	0,04185	0,00963	2,92950	0,67410
656	12%	Salpeter	0,00185	0,00000	0,12950	0,00000
659		ohne org. Substanz	0,00185	0,00000	0,12950	0,00000
701	12%	Salpeter	0,00185	0,00000	0,12950	0,00000
711		mit org. Substanz	0,00185	0,00000	0,12950	0,00000

Tabelle 53.

Sandboden.

Salpeterstickstoff.

Gefäss No.	Wassergehalt	Düngung	Anfangs-untersuchung 3. IX. % N.	Schluss-untersuchung 16. X. % N.	Anfangs-untersuchung g N. p. Topf	Schluss-untersuchung g N. p. Topf
660	12%	Ohne Stickstoff	0,00092	0,00194	0,06440	0,13580
664		ohne org. Subst.	0,00092	0,00199	0,06440	0,13930
708	12%	Ohne Stickstoff	0,00092	0,00037	0,06440	0,02590
709		mit org. Subst.	0,00092	0,00037	0,06440	0,02590
710	12%	Ammoniumsulfat	0,00092	0,02514	0,06440	1,75980
783		ohne org. Subst.	0,00092	0,02481	0,06440	1,73670
790	12%	Ammoniumsulfat	0,00092	0,02081	0,06440	1,45670
791		mit org. Subst.	0,00092	0,02063	0,06440	1,44410
656	12%	Salpeter	0,04092	0,03237	2,86440	2,26590
659		ohne org. Subst.	0,04092	0,03249	2,86440	2,27430
701	12%	Salpeter	0,04092	0,02816	2,86440	1,97120
711		mit org. Subst.	0,04092	0,02784	2,86440	1,94880

Tabelle 54.

Sandboden.

Gesamtstickstoff.

Gefäss No.	Wassergehalt der Erde	Düngung	Mittel der Anfangsbestimmungen % N.	II. Untersuchung		Anfangs-Untersuchung	Schluss-Untersuchung	Zu- oder Abnahme
				Einzeln % N.	Mittel % N.	g N. pro Topf	g N. pro Topf	g pro Topf
660 a	12 %	Ohne Stickstoff ohne org. Subst.	0,08703	0,08699	0,08726	6,09210	6,10820	+ 0,01610
660 b				0,08753				
664 a			0,08703	0,08702	0,08704	6,09210	6,09280	+ 0,00070
664 b				0,08706				
708 a	12 %	Ohne Stickstoff mit org. Subst.	0,08703	0,08748	0,08749	6,09210	6,12430	+ 0,03220
708 b				0,08751				
709 a			0,08703	0,08708	0,08728	6,09210	6,10960	+ 0,01750
709 b				0,08749				
710 a	12 %	Ammoniumsulfat ohne org. Subst.	0,12703	0,12704	0,12683	8,89210	8,87810	— 0,01400
710 b				0,12661				
783 a			0,12703	0,12715	0,12682	8,89210	8,87740	— 0,01470
783 b				0,12649				
790 a	12 %	Ammoniumsulfat mit org. Subst.	0,12703	0,12607	0,12605	8,89210	8,82350	— 0,06860
790 b				0,12602				
791 a			0,12703	0,12655	0,12651	8,89210	8,85570	— 0,03640
791 b				0,12646				
656 a	12 %	Salpeter ohne org. Subst.	0,12703	0,12655	0,12686	8,89210	8,88020	— 0,01190
656 b				0,12716				
659 a			0,12703	0,12654	0,12655	8,89210	8,85850	— 0,03360
659 b				0,12656				
701 a	12 %	Salpeter mit org. Subst.	0,12703	0,11311	0,12285	8,89210	8,59950	— 0,29260
701 b				0,11259				
711 a			0,12703	0,11310	0,12277	8,89210	8,59390	— 0,29820
711 b				0,11245				

Tabelle 55.

Lehmboden.

Wasserlöslicher Ammonstickstoff.

Gefäss No.	Wassergehalt	Düngung	Anfangs-untersuchung 3. IX. % N.	Schluss-untersuchung 16. X. % N.	Anfangs-untersuchung g N. p. Topf	Schluss-untersuchung g N. p. Topf
465	16%	Ohne Stickstoff	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
482		ohne org. Subst.	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
489	16%	Ohne Stickstoff	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
661		mit org. Subst.	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
794	16%	Ammoniumsulfat	0,04000	0,00121	2,80000	0,08470
311		ohne org. Subst.	0,04000	0,00120	2,80000	0,08400
666	16%	Ammoniumsulfat	0,04000	0,00064	2,80000	0,04480
668		mit org. Subst.	0,04000	0,00064	2,80000	0,04480
669	16%	Salpeter	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
781		ohne org. Subst.	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
550	16%	Salpeter	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
657		mit org. Subst.	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Tabelle 56.

Lehmboden.

Gesamtammonstickstoff.

Gefäss No.	Wassergehalt	Düngung	Anfangs-untersuchung 3. IX. % N.	Schluss-untersuchung 16. X. % N.	Anfangs-untersuchung g N. p. Topf	Schluss-untersuchung g N. p. Topf
465	16%	Ohne Stickstoff	0,00190	0,00000	0,13300	0,00000
482		ohne org. Subst.	0,00190	0,00000	0,13300	0,00000
489	16%	Ohne Stickstoff	0,00190	0,00000	0,13300	0,00000
661		mit org. Subst.	0,00190	0,00000	0,13300	0,00000
794	16%	Ammoniumsulfat	0,04190	0,00780	2,93300	0,54600
311		ohne org. Subst.	0,04190	0,00786	2,93300	0,55020
666	16%	Ammoniumsulfat	0,04190	0,00153	2,93300	0,10710
668		mit org. Subst.	0,04190	0,00153	2,93300	0,10710
669	16%	Salpeter	0,00190	0,00000	0,13300	0,00000
781		ohne org. Subst.	0,00190	0,00000	0,13300	0,00000
550	16%	Salpeter	0,00190	0,00000	0,13300	0,00000
657		mit org. Subst.	0,00190	0,00000	0,13300	0,00000

Tabelle 57.

Lehmboden.

Salpeterstickstoff.

Gefäss No.	Wassergehalt	Düngung	Anfangs-untersuchung 3. IX. % N.	Schluss-untersuchung 16. X. % N.	Anfangs-untersuchung g N p. Topf	Schluss-untersuchung g N p. Topf
465	16%	Ohne Stickstoff	0,00197	0,00306	0,13790	0,21420
482		ohne org. Subst.	0.00197	0,00303	0,13790	0,21210
489	16%	Ohne Stickstoff	0,00197	0,00038	0,13790	0,02660
661		mit org. Subst.	0,00197	0,00038	0,13790	0,02660
794	16%	Ammoniumsulfat	0,00197	0,02671	0,13790	1,86970
311		ohne org. Subst.	0,00197	0,02586	0,13790	1,81020
666	16%	Ammoniumsulfat	0,00197	0,02152	0,13790	1,50640
668		mit org. Subst.	0,00197	0.02162	0,13790	1,51340
669	16%	Salpeter	0,04197	0,03697	2,93790	2,58790
781		ohne org. Subst.	0,04197	0,03764	2,93790	2,63480
550	16%	Salpeter	0,04197	0,03032	2,93790	2,12240
657		mit org. Subst.	0,04197	0.03038	2,93790	2,14760

Tabelle 58.

Lehmboden.

Gesamtstickstoff.

Gefäss No.	Wassergehalt der Erde	Düngung	Mittel der Anfangsbestimmungen % N.	II. Untersuchungen: Einzeln % N.	II. Untersuchungen: Mittel % N.	Anfangs-Untersuchung g N. pro Topf	Schluss-Untersuchung g N. pro Topf	Zu- oder Abnahme g pro Topf
465^a_b	16 %	Ohne Stickstoff ohne org. Subst.	0,15472	0,15483 0,15522	0,15503	10,83040	10,85210	+ 0,02170
482^a_b			0,15472	0,15503 0,15503	0,15503	10,83040	10,85210	+ 0,02170
489^a_b	16 %	Ohne Stickstoff mit org. Subst.	0,15472	0,15429 0,15441	0,15435	10,83040	10,80450	— 0,02590
661^a_b			0,15472	0,15428 0,15463	0,15446	10,83040	10,81220	— 0,01820
794^a_b	16 %	Ammoniumsulfat ohne org. Subst.	0,19472	0,19447 0,19471	0,19459	13,63040	13,62130	— 0,00910
311^a_b			0,19472	0,19430 0,19453	0,19442	13,63040	13,60940	— 0,02100
666^a_b	16 %	Ammoniumsulfat mit org. Subst.	0,19472	0,19464 0,19424	0,19444	13,63040	13,61080	— 0,01960
668^a_b			0,19472	0,19427 0,19423	0,19425	13,63040	13,59750	— 0,03290
669^a_b	16 %	Salpeter ohne org. Subst.	0,19472	0,19377 0,19453	0,19415	13,63040	13,59050	— 0,03990
781^a_b			0,19472	0,19436 0,19422	0,19429	13,63040	13,60030	— 0,03010
550^a_b	16 %	Salpeter mit org. Subst.	0,19472	0,18768 0,18714	0,18883	13,63040	13,21870	— 0,41170
657^a_b			0,19472	0,18810 0,18836	0,18823	13,63040	13,17610	— 0,45430

Tabelle 59.

Tonboden.

Gesamtammonstickstoff.

Gefäss No.	Wassergehalt	Düngung	Anfangsuntersuchung 3. IX. % N.	Schlussuntersuchung 16. X. % N.	Anfangsuntersuchung g N. p. Topf	Schlussuntersuchung g N. p. Topf
309	18%	Ohne Stickstoff	0,00307	0,00000	0,21490	0,00000
371		ohne org. Subst.	0,00307	0,00000	0,21490	0,00000
457	18%	Ohne Stickstoff	0,00307	0,00000	0,21490	0,00000
464		mit org. Subst.	0,00307	0,00000	0,21490	0,00000
481	18%	Ammoniumsulfat	0,04307	0,00000	3,01490	0,00000
490		ohne org. Subst.	0,04307	0,00000	3,01490	0,00000
505	18%	Ammoniumsulfat	0,04307	0,00000	3,01490	0,00000
520		mit org. Subst.	0,04307	0,00000	3,01490	0,00000
535	18%	Salpeter	0,00307	0,00000	0,21490	0,00000
448		ohne org. Subst.	0,00307	0,00000	0,21490	0,00000
452	18%	Salpeter	0,00307	0,00000	0,21490	0,00000
458		mit org. Subst.	0,00307	0,00000	0,21490	0,00000

Wasserlöslicher Ammonstickstoff wurde im Tonboden nicht gefunden. Von dem zugesetzten Ammonstickstoff und Salpeterstickstoff wurde nirgends bei der Schlussbestimmung eine Spur als Ammoniakstickstoff gefunden.

Tabelle 60.

Tonboden.

Salpeterstickstoff.

Gefäss No.	Wassergehalt	Düngung	Anfangs-untersuchung 3. IX. % N.	Schluss-untersuchung 16. X. % N.	Anfangs-untersuchung g N. p. Topf	Schluss-untersuchung g N. p. Topf
309	18%	Ohne Stickstoff	0,00243	0,00330	0,17010	0,23100
371		ohne org. Subst.	0,00243	0,00328	0,17010	0,22960
457	18%	Ohne Stickstoff	0,00243	0,00039	0,17010	0,02730
464		mit org. Subst.	0,00243	0,00039	0,17010	0,02730
481	18%	Ammoniumsulfat	0,00243	0,03141	0,17010	2,19870
490		ohne org. Subst.	0,00243	0,03141	0,17010	2,23370
505	18%	Ammoniumsulfat	0,00243	0,02499	0,17010	1,74930
520		mit org. Subst.	0,00243	0,02509	0,17010	1,75630
535	18%	Salpeter	0,04243	0,03678	2,97010	2,57460
448		ohne org. Subst.	0,04243	0,03686	2,97010	2,58020
452	18%	Salpeter	0,04243	0,03045	2,97010	2,12750
458		mit org. Subst.	0,04243	0,03023	2,97010	2,11610

Tabelle 61.

Tonboden.

Gesamtstickstoff.

Gefäss No.	Wassergehalt der Erde	Düngung	Mittel der Anfangsbestimmung % N.	II. Untersuchung		Anfangs-Untersuchung g N. pro Topf	Schluss-Untersuchung g N. pro Topf	Zu- oder Abnahme g N. pro Topf
				Einzeln % N.	Mittel % N.			
309 a	18 %	Ohne Stickstoff ohne org. Subst.	0,17644	0,17657	0,17645	12,35080	12,37320	+ 0,02240
b				0,17694				
371 a			0,17644	0,17658	0,17645	12,35080	12,35150	+ 0,00070
b				0,17631				
457 a	18 %	Ohne Stickstoff mit org. Subst.	0,17644	0,17630	0,17624	12,35080	12,33680	− 0,01400
b				0,17623				
464 a			0,17644	0,17670	0,17669	12,35080	12,36830	+ 0,01750
b				0,17667				
481 a	18 %	Ammoniumsulfat ohne org. Subst.	0,21644	0,21639	0,21684	15,15080	15,17880	+ 0,02800
b				0,21729				
490 a			0,21644	0,21698	0,21682	15,15080	15,17740	+ 0,02660
b				0,21666				
505 a	18 %	Ammoniumsulfat mit org. Subst.	0,21644	0,21695	0,21667	15,15080	15,16690	+ 0,01610
b				0,21639				
520 a			0,21644	0,21661	0,21651	15,15080	15,15570	+ 0,00490
b				0,21640				
535 a	18 %	Salpeter ohne org. Subst.	0,21644	0,21685	0,21690	15,15080	15,18300	+ 0,03220
b				0,21694				
448 a			0,21644	0,21651	0,21674	15,15080	15,17180	+ 0,02100
b				0,21696				
452 a	18 %	Salpeter mit org. Subst.	0,21644	0,21597	0,21575	15,15080	15,10250	− 0,04830
b				0,21553				
458 a			0,21644	0,21566	0,21547	15,15070	15,08290	− 0,06780
b				0,21528				

Lebenslauf.

Am 3. November 1889 wurde ich, William Pawson Robson, evangelischer Konfession und englischer Staatsangehörigkeit, in Britisch Süd-Afrika zu Kamiesburg, Namaqualand, als Sohn des Pastors George Robson geboren. In „Cape Town" besuchte ich die „Normal College School" und darauf „Kingswood College School" in Grahamstown. Hierauf bezog ich „South African College" in Cape Town, wo ich mich für den Titel „Bachelor of Arts" vorbereitete. Diesen erwarb ich mir im Jahre 1910 auf der „University of the Cape of Good Hope". Bis August 1911 arbeitete ich im chemisch-analytischen Laboratorium der Süd-Afrikanischen Regierung in Cape Town. Hiernach bezog ich die Universität Halle a. Saale, wo ich Oktober 1911 immatrikuliert wurde und bis Winter-Semester 1912/13 Chemie, speziell Agrikulturchemie studierte.

In South African College studierte ich als Hauptfach Chemie und als Nebenfächer Mathematik und Physik, wobei ich folgende Professoren hörte: Beattie, Brown, Crawford, Hahn und Tietz.

An der Universität Halle nahm ich an Vorlesungen und Übungen der folgenden Professoren teil: Erdmann, Menzer, Schneidewind, Tubandt und Vorländer.

Meinen verehrten Herren Lehrern sage ich aufrichtigen Dank. Zu besonderem Dank bin ich Herrn Prof. Dr. Schneidewind und Herrn Dr. Münter, welche die vorliegende Arbeit angeregt und gefördert haben, verpflichtet. Auch der Landwirtschaftskammer für die Provinz Sachsen, die mir die Räumlichkeiten der Agrikulturchemischen Versuchsstation zur Verfügung stellte, spreche ich meinen verbindlichsten Dank aus.